TRATADO

DE

CONSTRUCCIÓN CIVIL

POR

DON FLORENCIO GER Y LOBEZ

OBRA ADÓPTADA DE TEXTO EN VARIAS ESCUELAS
Y PREMIADA CON MEDALLA DE ORO
EN LA EXPOSICIÓN HISPANO-FRANCESA DE ZARAGOZA

BADAJOZ
Establecimiento tipográfico LA MINERVA EXTREMEÑA
14, Plaza de la Constitución, 14

PRÓLOGO

La escasez de obras dedicadas á la construcción, tanto españolas como extranjeras, notada ya hace cuarenta años, cuando yo terminaba mis estudios académicos, aficionome á tomar apuntes de cuanto leía y observaba, y resultado de este trabajo fué que, á los doce años de ejercicio en mi carrera, publicara la modesta obra titulada *Manual de construcción civil,* cuya edición tuve la satisfacción de ver agotada en poco tiempo. Las múltiples ocupaciones que después me han asediado, no me han permitido, hasta hoy, la tranquilidad necesaria para publicar una segunda edición, ampliada con los nuevos elementos que iba amontonando; pero al cabo ha llegado época para mí mas bonancible, durante la cual he podido estudiar las obras últimamente publicadas y ordenar mis apuntaciones, siendo fruto de estos trabajos la obra que ofrezco hoy al público.

No es mucho el producto original de mis estudios en este TRATADO, y difícil, sino imposible, me sería indicar las fuentes donde he tomado la mayor parte de la doctrina que contiene. Debo, sin embargo, manifestar que los Ingenieros militares y los de caminos me han dado bastante material con sus escritos, y alguno también, aunque no tanto como debían, los Arquitectos, mis primeros maestros, poco aficionados á dar á conocer las muchas y buenas obras que dirigen.

Con tales elementos y con gran constancia en el trabajo (que será mi único mérito), he intentado explicar lo que es la construcción actual de un edificio, empezando por estudiar los materiales que en ella se emplean, y siguiendo la marcha de los trabajos hasta que se termina una obra. En esto, he procurado ir de lo conocido á lo desconocido, entrando en ciertos pormenores y explicaciones que la mayoría de los autores desdeñan, pero que, en mi larga carrera, he comprendido que son de inmensa utilidad, especialmente en localidades poco adelantadas.

El lenguaje de la obra quizá no sea muy correcto, pero discúlpame el no tener pretensiones de literato, y me tranquiliza el creer que la misión de quien escribe de ciencias y artes no va más allá de la claridad y precisión en las explicaciones, para no suscitar dudas en el ánimo del lector.

He procurado emplear voces españolas, en cuanto me ha sido posible; porque, si bien he tomado muchas ideas de obras extranjeras, el idioma patrio me ha dado, casi siempre, palabras sancionadas por la práctica, y no ha sido leve el trabajo ni corto el tiempo que he invertido en escoger las que me parecieron adecuadas. Esto no obstante, temo, con razón, haber incurrido en galicismos inevitables para quien se habitúa á la lectura de libros franceses.

La obra que entrego al público contendrá, indudablemente, muchos lunares y errores que otras inteligencias más claras que la mía, ó de superior ilustración, podrán subsanar con trabajos de mayor mérito. Creo, sin embargo, haber cumplido un deber social, exponiendo cuanto sé y estimo de utilidad en la profesión á que he dedicado mis desvelos, sino con fortuna, al menos con buena voluntad.

El Autor.

TRATADO DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

INTRODUCCIÓN

1. Por *arte de construir* se comprende el conjunto de los conocimientos que son necesarios para ejecutar bien una obra, sea edificio, monumento fortaleza, puerto, canal, camino y buque; y como la índole de cada una es muy distinta, se divide en varios ramos, de los cuales, los principales son:

El de las *construcciones civiles*, ó sea el de la ejecución de los edificios sobre la tierra;

El de las *construcciones militares*, que comprende las obras de defensa y ataque de las naciones;

El de las *construcciones hidráulicas* ó sean las que tienen por objeto erigir dentro del agua para cruzarla ó aprovecharla;

El de la *construcción de caminos*, cuyo objeto es facilitar la comunicación de unos hombres con otros y el cambio de sus productos;

Y el de las *construcciones navales*, que es el que se dedica á formar edificios flotantes.

2. Los principios generales en que descansa la ejecución de una obra, consisten en dar á todas y cada una de sus partes la *necesaria solidez* con el *menor gasto posible*.

Las condiciones de *solidez* se satisfacen estableciendo la obra sobre una base sólida, empleando buenos materiales, con arreglo á las prescripciones del arte, de modo que haya unión y trabazón entre ellos, y dando á las diferentes partes las dimensiones suficientes para que tenga la estabilidad y resistencia precisas, cuyos datos los presenta la ciencia; huyendo lo mismo de una exageración en más que ocasionaría gastos inútiles, como de una debilidad que pusiera la obra en peligro.

La *economía* en una construcción, se consigue estudiando la más conveniente disposición de sus partes, adoptando los materiales que la localidad ofrezca, ó los de otros puntos, cuando su trasporte, duración ú otras circunstancias, los hagan más ventajosos que aquéllos y empleándolos con orden y método.

3. Para la fácil inteligencia y buen orden de los conocimientos necesarios á la ejecución de un edificio, que es á lo que se dedica este TRATADO, se ha dividido en dos partes:

En la primera se dan á conocer los materiales que se emplean en las construcciones y los medios de prepararlos, y en la segunda se trata de las reglas á que ha de sujetarse la ejecución de las obras, ó sea el empleo de los materiales.

PARTE PRIMERA

DEL ESTUDIO DE LOS MATERIALES Y DE SU PREPARACIÓN

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

4. Los materiales que entran á constituir una obra pueden clasificarse en tres grupos: en el primero los *pétreos* y *térreos*, como las piedras, las arenas, las tierras y sus productos; en el segundo los *metálicos*, hierro, plomo, cinc, etc., y en el tercero los *vegetales* como la madera, la caña, las sustancias textiles, etc.

5. Por más que todos ellos pueden adquirirse dispuestos ya para su empleo, conviene conocer su origen y los procedimientos de su preparación, aunque no sea más que someramente, para escoger los más adecuados y de mejores condiciones. Á esto se dedica, pues, esta primera parte del TRATADO, sin intrusarnos demasiado en ramos especiales agenos á nuestro objeto y teniendo presente además, que el lector de esta obra posee conocimientos de Física y Química y de Historia natural.

CAPÍTULO I

Materiales pétreos y térreos

ARTÍCULO I

De las piedras naturales

6. PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN. — Con la palabra piedra se designa una sustancia mineral, sólida, insoluble en el agua, incombustible y no maleable, siendo su composición sumamente varia. Se distinguen por sus caracteres físicos y químicos, siendo los primeros, la densidad, la dureza, la estructura, la fractura y el color, y los segundos los que produce la acción del fuego sobre cada naturaleza de piedra que la ataca más ó menos y cambia sus cualidades ó propiedades y la acción de los ácidos que es nula ó disolvente según las especies.

La dureza en las piedras de construcción es la resistencia que presentan al rozamiento y se mide por el tiempo invertido en labrarlas para acomodarlas á su empleo. De aquí que se distingan en *blandas* y *duras*, según que su labra se haga con más ó menos facilidad.

La innumerable cantidad de especies de piedras, nos presenta todos los colores deseables, desde el blanco más puro, hasta el negro más intenso, y esta gran variedad de tonos nos da una espléndida decoración polícroma en las construcciones.

Las piedras de construcción pueden ser *naturales* ó *artificiales*, correspondiendo á las primeras los productos minerales que se encuentran en bloques ó masas en el terreno y á las segundas las que

se forman de elementos más ó menos heterogéneos y de procedencias diferentes y son debidas, además, á una fabricación especial.

7. Las piedras de construcción proceden de las rocas, de las cuales forman parte y se consiguen partiéndolas en pedazos manejables. Las rocas se presentan en la naturaleza, ya en masas más ó menos voluminosas sin subdivisión regular, aunque con algunas cavidades, ya en bancos ó capas superpuestas de diversos espesores.

Las primeras, de estructura cristalina ó granitoide, parecen ser el resultado de un fuego violento en algunas partes del globo, al cual ha seguido un enfriamiento; y las segundas, de estructura compacta, granosa, fibrosa ú otras parecidas, son la consecuencia de la sedimentación ó cristalización de las tierras por medio de un líquido, presentándose los estratos con inclinación diferente á consecuencia de los trastornos que después ha sufrido la tierra. Esta formación se llama *estratificada*, denominándose *estratiforme* cuando la reunión de capas se extiende formando ondulaciones.

Las piedras de construcción se pueden clasificar en los siguientes grupos: *Silíceas ó cuarzosas*, *areniscas*, *arcillosas*, *graníticas*, *feldespáticas*, *serpentinas*, *volcánicas*, *yesosas* y *calizas*.

8. PIEDRAS SILÍCEAS ó CUARZOSAS. Son sílice más ó menos puro, anhidra ó sin agua y se encuentran generalmente formando grandes riñones diseminados entre piedras cretáceas.

El cuarzo es vidrioso, transparente, notándose frío al tocarle, raya al vidrio y da chispas con el eslabón. Las piedras cuarzosas son conchoides en su fractura, inalterables á la acción del fuego é insolubles en los ácidos.

Quitando á las piedras cuarzosas la capa cretácea que las cubre por lo comun, se adhieren mal á las mezclas: pero si no se les quita pueden hacer buena ligazón con sus irregularidades.

Entre el gran número de especies que comprende, solo se emplean en construcción las siguientes:

9. La *cuarcita*, que es un agregado granudo ó compacto de individuos de cuarzo, de estructura algunas veces pizarrosa por la presencia de la mica, que es una sustancia laminar y brillante, de color blanco de plata, nacarado, rojo, negro y también pardo. Su fractura es desigual y astillosa y su color gris blanquecino y á veces negruzco. Es piedra que no se presta á la labra por su excesiva dureza y se emplea en la construcción ordinaria.

10. La *pizarra silícea* es muy dura é infusible, cuarzosa, compacta, de estructura pizarrosa imperfecta, fractura astillosa y color blanco, gris, rojo, pardo ó negro, formando á veces fajas, y se emplea como la cuarcita.

11. El *jaspe* pertenece á esta clase de piedras, solo que tiene un agregado de óxidos metálicos, alúmina y sílice con colores varios. Se presenta en masas informes, de estructura compacta, fractura unida, con poco brillo en el interior, pero que lo adquiere muy intenso por el pulimento. Tiene colores varios, según las sustancias que alteran su constitución: unos los tiene distribuidos en manchas, puntos, etc., y otros no presentan más que un color rojo como el *sanguíneo:* el de Egipto tiene zonas solamente. Se confunden con los mármoles, de los que sin embargo se diferencian por su mayor dureza, además de su distinta composición y la manera de obrar los ácidos. Se emplea en obras de lujo y columnas.

12. La *silex molar* (piedra de molino), es compacta ó de grano fino, muy dura y generalmente porosa y cavernosa, color blanco sucio y de poco brillo. Aunque su destino principal es para ruedas de molino, se emplea en construcción donde se adhiere bien á las mezclas por su porosidad, resultando la obra de gran solidez.

13. El *pedernal*, llamado también *piedra de chispa*, porque las da fácilmente con el eslabón, es una mezcla íntima de sílice cristalina y amorfa, de fractura concoide y lustrosa con bordes cortantes y traslucientes. Tiene colores grises ó negros y su mejor uso en construcción es para empedrados por su gran dureza.

14. PIEDRAS ARENISCAS. — Esta piedra, llamada también *asperón*, está formada de granos de sílice ó cuarzo unidos por un cemento *(a)* silíceo, calizo, arcilloso ó de estas materias reunidas, y también de óxido férrico, denominándose por esto de distintas maneras. Su tacto es áspero, su testura granujienta y su color ordinario gris, amarillento ó rojo. Su dureza es sumamente varia, pues hay unas que se deshacen con los dedos y otras, por el contrario, que gastan con facilidad las puntas aceradas de los útiles del cantero.

Se presentan en capas de más ó menos potencia, algunas veces muy delgadas, que se aprovechan

(a) Argamasa ó mezcla que une unas partes con otras.

como losas para pavimentos. Se adhieren perfectamente á las mezclas y son muy empleadas en obras sirviendo para pulimentar los mármoles algunas de ellas.

15. La arenisca *silícea* es gris ó blanca; tiene un aspecto córneo por estar íntimamente unido el cemento silíceo con los granos y posee un brillo particular, por lo que se la denomina también *lustrosa.* La *arcillosa* suele ser algo ferruginosa y tiene colores blancos, grises, amarillos, verdes ó rojos, á cuya última clase se llama *rodeno* cuando tiene grano grueso en cemento arcilloso ferruginoso. La *ferruginosa* tiene colores rojos, pardos ó amarillos por el óxido férrico que constituye su cemento en unión de la sílice. La arenisca *macigno* ó *machiño*, tiene en su cemento margoso-silíceo, de color gris-verdoso ó negro, granos cuarzosos mezclados con feldespato, *(a)* mica *(b)* y otras sustancias presentando generalmente una estructura pizarrosa. La *molasa*, denominada así por ser muy blanda cuando sale de la cantera, se compone de granos de cuarzo y feldespato con mezcla de caliza, mica, glauconita y fragmentos de conchas, y tiene cemento margoso ó calizo y colores verdosos ó amarillentos, siendo de escasa consistencia. La arenisca *caliza* es una roca friable de cemento calizo ó margoso, mezclado á menudo con mica y glauconita. La arenisca *glauconítica ó verde*, contiene abundancia de granos de glauconita que la coloran de verde ó de verde pardusco, cuando el óxido ferroso pasa á hidrato férrico.

16. Cuando en las areniscas, el grueso de los granos de cuarzo ó sílice es de más de un milímetro, la piedra no se presta bien á la labra, y si el cemento es terroso, arenáceo ó arcilloso, la piedra es deleznable. Se distingue esto en que al labrar la piedra, resulta un polvillo suave como de jabón, siendo áspero (aunque fino) cuando el cemento es calizo ó silíceo. En algunas areniscas existen fajas de granos de cuarzo descarnados de cemento que las hace desmoronadizas.

Hay piedras de esta clase que son atacadas por los hielos, el cual las descompone, especialmente cuando tienen su grano muy fino y el cemento arenoso con alguna mezcla margosa. Lo es también la de color blanco sucio algo azulado, poco dura, de fractura astillosa y suave al tacto. Las de color amarillo sucio un poco rojizo y de grano grueso, suelen ser también heladizas si en su composición se descubre la marga térrea. Últimamente, son propensas á este defecto las de color gris oscuro, cuya fractura interior parezca como que ha recibido un baño ceniciento, cosa que no sucede en el exterior.

Al elegir la piedra debe buscarse que tenga grano fino, uniforme y compacto y que en el cemento que une los fragmentos de cuarzo ú óxido de hierro, no se halle éste aislado, sino unido al cemento formando silicato.

17. El *conglomerado* es una variedad de piedra arenisca que tiene embutidos en su masa cantos rocados. Si los fragmentos presentan una forma angulosa, recibe la piedra el nombre de *brecha;* y si el cemento que une estos elementos (ya sean redondos ó angulosos), es cristalino, se le llama *pudinga.*

Más adelante se verá que hay mármoles que toman estas denominaciones.

18. PIEDRAS ARCILLOSAS. — Son compuestas de sílice y alúmina, blandas, no efervescen con los ácidos, ni dan chispas con el eslabón, se alteran en el agua y endurecen con el fuego: puestas al aire se secan y contraen disminuyendo de volúmen. Son de un aspecto térreo y suaves al tacto, de color blanco ó agrisadas.

Se adhieren bien á las mezclas: pero para emplearlas en construcción, han de tener carbonato de cal y no ser atacables de los hielos ó heladizas, de cuyo defecto adolecen muchas.

Se emplean en construcción las *margas* y las *pizarras arcillosas*

19. Las *margas* son mezclas de arcilla y cal más ó menos hidratadas con arena en proporciones variables y óxido de hierro. Segun predomina la arcilla, la caliza ó el cuarzo, así se llaman *arcillosas, calizas ó arenosas.* La caliza es la mejor, distinguiéndose de las otras en que hace efervescencia

(a) Silicato de alúmina de una ó más bases alcalinas.

(b) Es un silicato de alúmina y potasa, tierno, flexible y elástico, carácter que le distingue del talco. Se presenta incoloro, blanco, con diversas tintas grises, verdosas ó pardas, plateadas ó doradas. Cuando las hojas son gruesas, son solo traslucientes y tienen un fuerte brillo metálico y nacarado.

La mica magnésica que es un silicato poco fijo de alúmina y magnesia con potasa y óxido ferroso, es menos elástica y transparente que la anterior. Su color es verde, pardo ó negro, siempre oscuros y su brillo metálico anacarado muy intenso.

Se emplea la mica como vidrieras en ciertos sitios por su trasparencia y presentarse en hojas ó láminas.

con los ácidos. Su color es gris, azulado ó pardo ó amarillento y su estructura compacta, terrosa ó pizarrosa.

Se fraccionan y se agrietean reduciéndose á polvo con facilidad, por lo que son usadas solamente en obras poco importantes y donde no hay otro material pétreo que le pueda sustituir.

20. Los *esquistos* ó *pizarras* arcillosas son silicatos de alúmina ó de otras bases, de aspecto térreo ó satinado, color azulado ó negro, formación laminar lustrosa y con brillo semi sedoso pero de fractura térrea y mate. Se llaman pizarras *hembras* las que tienen estructura compacta y son susceptibles de separarse en láminas muy delgadas, y se denominan *machos* cuando su estructura hojosa es más difícil de separar presentándose en placas de un centímetro ó poco más de grueso.

Las pizarras machos se emplean en pavimentos y las hembras, por su ligereza, tienen su aplicación para revestir las cubiertas de los edificios y para ello han de tener perfectamente planas y muy unidas las láminas que contengan en su espesor, dar un sonido claro al golpearlas suavemente y tener un brillo vítreo, aunque de superficie áspera, pues son de mala calidad las que son suaves al tacto. Las piritas que algunas veces contienen han de ser amarillas y brillantes, que no sufren otra alteración que la de convertirse con el tiempo en hidrato de hierro y solo en su superficie, mientras que las llamadas blancas, aunque tengan tinte amarillento ó sean grises, se eflorecen pronto en un polvo blanquizco y soluble en el agua de sulfato de hierro.

21. PIEDRAS DE GRANO. — Son piedras de las más notables del orden de las silicatadas cristalinas, y se presentan estratificadas ó no, siendo característico y dominante en ellas el feldespato asociado al cuarzo, á la mica, á la hornablenda, al granate y á otras especies. *(a)*

El *granito* ó piedra *berroqueña* está compuesta de cuarzo, feldespato y mica, unidos con estructura granosa: da chispas con el eslabón, no hace efervescencia con los ácidos y es su dureza tanto mayor cuanto más predomina el cuarzo y más escasa se halla la mica. El feldespato, que es un silicato de alúmina, tiene un color blanco, rojo ó verdoso con brillo anacarado, el cuarzo aparece en granos blancos agrisados de brillo vitreo y la mica forma hojuelas negras, pardas, doradas ó plateadas.

Se presenta en la naturaleza formando grandes masas, costosas de explotar; pero se emplea mucho por sus buenas cualidades y abundancia, á pesar de que no admite una labra esmerada por lo grosera que es su estructura. Sin embargo, algunas veces la tiene tan fina que puede recibir pulimento.

22. En el granito debe buscarse que sus partículas de cuarzo, feldespato y mica no pasen de 3 á 4 milímetros, pues si pasan ofrecen inconvenientes para la labra de las aristas, llamándose entonces *granigordas*.

Si el feldespato es algo terroso ó los granos de cuarzo se hallan descompuestos, la piedra será deleznable. Estas circunstancias se conocerán arrancando á la piedra uno ó dos trozos de 6 centímetros por 2 á 3 de lado, y si entre los dedos se partiesen con facilidad, desmoronándose las aristas y produciendo un resíduo arenáceo, no habrá que dudar de su mala calidad. Tampoco es bueno cuando la mica es parda, opaca y como rodeada de una materia rojiza, pues anuncia un principio de corrosión.

En los granitos que tienen vetas de cuarzo puro debe observarse si entre ellas y el resto de la masa hay alguna materia terrosa ó algún óxido metálico excesivo, en cuyo caso habrá que cortarla de modo que quede segregado de ellos. Si la veta se halla íntimamente unida, no habrá más que procurar que no haga mal aspecto por su posición inclinada en la obra.

Cuando una piedra de grano produce un detritus astilloso de aristas finas y resistentes, es de buena calidad; mas si en lugar de esto resulta arenáceo, será mala como se ha dicho anteriormente. Asimismo se procurará que el color dependa únicamente de los del cuarzo, feldespato y mica en estado de pureza y no de materias térreas ú óxidos metálicos en exceso.

En el granito gris de buena calidad, el cuarzo presenta un color gris mate ó blanco lechoso, el feldespato lo ofrece blanco con brillo cristalino, y la mica, negro brillante, formando su conjunto un matiz azulado.

23. El *gneis* es una variedad del granito donde á veces falta el cuarzo y abunda la mica, que lo hace hojoso; la hornablenda sustituye en muchas

(a) La hornablenda ó anfibol negro es un silicato de cal, magnesia, óxido ferroso y alúmina en proporciones variables.

Los granates son también silicatos de diferentes bases.

ocasiones á la mica para constituir el gneis hornobléndico. Casi siempre aparece en una posición estratificada y relacionado con el granito, el cual se presenta en masa: su color general es gris amarillento ó rojizo.

Su empleo está muy reducido por su estructura hojosa y fácil división, destinándose á cubierta de paredes y aun de edificios cuando da placas delgadas.

24. La *granulita* se compone de feldespato, cuarzo y granate; granudo el primero y lenticular el segundo, á lo cual es debida la estructura pizarrosa, aunque imperfecta de la roca. Como el feldespato es el componente principal y el cuarzo tiene color blanco ó gris claro, las tintas propias de esta roca dependen de las de aquél, resultando blancas, amarillentas, rojizas ó verdosas.

Se presenta esta roca muy bien estratificada y tiene aplicación en obras, aunque se labra difícilmente.

25. PIEDRAS FELDESPÁTICAS. — El feldespato, que es un silicato simple ó mezclas muy complicadas de silicatos de bases diversas, se presenta ordinariamente en masas no estratificadas ó en filones, entre otras clases. Son fusibles al soplete y de una dureza excesiva unida á una gran tenacidad, cuyas propiedades las hacen difíciles de trabajar.

Esta circunstancia y la de adherirse mal á las mezclas hace que se empleen poco, á no ser en obras de lujo.

Pertenecen á esta clase de piedras los *pórfidos*, la *sienita* y las *dioritas*.

26. Los *pórfidos* están constituidos por una masa compacta ó de grano muy fino de feldespato, ya sea ortosa, oligoclás, albita ó labrador, en la que hay embutidos cristales ó granos de cuarzo, de mica ó de dichas especies feldespáticas, de color más pálido que el fondo, el cual es rojo, verde, negro ú oscuro. El ortoclás ofrece colores blancos verdosos ó rojizos claros y manifiesta sus caras de crucero lisas y nacaradas; el oligoclás se distingue por sus estrías, su brillo craso, su traslucencia y sus tintas azuladas y blancas ó grises; la albita también por estrías, brillo vitreo y colores claros, y el labrador por su color gris ó verde; el cuarzo aparece en cristales bipiramidales ó granos grises, y la mica en hojas ó láminas.

Todos los pórfidos se emplean para la ornamentación por el buen efecto que sus tintas y dibujos adquieren después de labrados y el excelente pulimento que reciben.

Se distinguen varias especies entre las que están las siguientes:

La *porforita ó pórfido no cuarzoso*, con muy pocos cristales de cuarzo y alguna mica, de color violado sucio, gris azulado, gris rojizo ó pardo, siendo de esta clase el célebre pórfido rojo antiguo en el que los cristales feldespáticos suelen ser grandes y de color rojo ó rosado. De esta clase de pórfido son los bustos de emperadores romanos que hay en el salón del Trono en el palacio real de Madrid.

El *pórfido* feldespático, *cuarzoso ó petrosilíceo* cuya masa principal petrosilícea de base feldespática es de ordinario dura y compacta y algunas veces porosa y cavernosa; posée colores variados, blancos, rojos, pardos, verdes, grises, azulados y violados, con mezcla y modificaciones producidas por toda clase de tintas que suelen formar bandas ó manchas teniendo siempre cristales de feldespato, de cuarzo y á menudo también de mica. Cuando el feldespato es ortosa, es decir, cuando tiene la base de potasa, se denomina *ortófido*, que es el pórfido más común; si la base es de sosa ó es albita y por lo tanto de color blanco de leche, se llama *albitófido;* si es oligoclás ó con bases de cal y sosa y menos sílice que la albita, el pórfido se llama *olófido ó pórfido azul*, y si las bases son cal y sosa ó sea labrador, toma el nombre de *pórfido verde ó labradófido*.

27. La *sienita ó granito anfibólico* es un feldespato con cuarzo y anfibol negro ú hornablenda cuya coloración oscura le da un tinte negruzco ó gris, conteniendo también alguna mica. Es de estructura hojosa y más comunmente granosa y alguna vez compacta y aporfidada, si el feldespato se desarrolla en grandes cristales.

La sienita se labra mejor que el granito y es más útil porque la descomposición del feldespato es ménos fácil á causa sin duda de un estado molecular especial. La mayor parte de los monumentos egipcios son de esta clase de piedra.

28. La *diorita* es una mezcla granuda ó compacta, pizarrosa ó aporfidada de anfibol verde negruzco y oligoclás blanco ó amarillento, en la que domina aquél dándole tintas oscuras sobre cuyo fondo resaltan los cristales feldespáticos azulados; de manera que tiene una composición inversa á la de la sienita, que en la masa feldespática tiene in-

crustados los cristales de anfibol. Existen variedades de grano fino y grueso; pizarrosa donde abundan las láminas de hornablenda conocidas como *pizarras dioríficas*; compactas, llamadas *afanitas ó dioritinas*, que suelen ser confundidas con otras rocas y *globulares* compuestas de capas concéntricas, patentes sólo á veces por la descomposición y desagregación. Estas rocas son eruptivas y en ellas no se encuentran indicios de estratificación excepto en las pizarrosas.

La *anfibolita* es una diorita de anfibol verde oscuro ó negro, al cual se asocia á menudo algo de oligoclás, cuarzo y mica, y es de estructura granuda, compacta ó pizarrosa.

Las dioritas reciben buen pulimento y fueron muy usadas por los romanos.

29. SERPENTINAS.—Son rocas compuestas principalmente de silicato de magnesia hidratada, de testura blanda pero tenaz; granuda, fibrosa ó compacta, caracterizándose en que al romperla, se desprenden pequeños fragmentos de un lustre graso, cuyo polvo, y á veces la masa misma, es untuosa al tacto. Tienen colores varios, generalmente oscuros, formando bandas, venas ó manchas, lo que le da semejanza con la piel de las serpientes, de donde toma el nombre. Son piedras que endurecen con el fuego, se labran muy bien y reciben hermoso pulimento, lo cual les dá una gran aplicación en obras de lujo. Las columnas de una pieza que tiene el altar mayor de las Salesas de Madrid y las del de la Catedral de Granada son de esta piedra, procedente de Sierra Nevada.

30. Se distinguen dos clases de serpentina: la *común* y la *noble*.

La primera, que es la más común, ofrece tintas verdosas oscuras, con manchas variadas, es opaca y su fractura es astillosa.

La serpentina noble, tiene color amarillo ó verde claro, bien marcado y más brillante que el de la anterior, es trasluciente y presenta fractura concoidea y lisa.

31. PIEDRAS VOLCÁNICAS. Se llaman así todas las piedras de origen evidentemente ígneo y que ofrecen muy claras muestras de haber sido fundidas. Son generalmente mezclas íntimas muy variables de silicatos de diversas bases, fusibles á un fuego violento. Se ofrecen á nuestros ojos formando inmensos depósitos ó cadenas de montañas, escasos ambos en nuestro país.

Forman variedades de estas piedras:

32. El *basalto* compuesto de labrador y augita, *(a)* con algo de hierro magnético y muchas ceolitas, cuyos elementos forman de ordinario masas bastante compactas en que no es fácil distinguirlos. El basalto es de color negro, azulado ó agrisado, de estructura escamosa, granujienta ó compacta, muy dura y quebradiza, que raya al vidrio y da chispas con el eslabón; se adhiere mal al mortero y no se emplea más que en pavimentos y en mampostería, donde se halla muy abundante, y á falta de otra clase de piedras.

33. La *traquita*, que es un agregado de granos finos, de estructura compacta porosa, vesicular ó pizarrosa y color blanco, gris, amarillo, verde, rojo, pardo ó negro, compuestas de sanidina en cristales brillantes y trasparentes, conteniendo á veces oligoclás, hornablenda y mica.

Por su ligereza y su porosidad, además de su resistencia y dureza, son excelentes piedras de construcción y de ella está hecha la catedral de Colonia.

34. La *lava* es de una composición análoga á la traquita y basalto y según el elemento que en ellas domina, así se denominan ortósicas, oligoclasíferas ó labradoríticas. Su estructura es compacta, celular y cavernosa y sus colores generalmente oscuros y hasta negros y rojizos muchas veces por ser ferruginosas.

Son excelentes materiales de construcción por que el mortero penetra en sus poros y se adhiere perfectamente, resultando gran solidez en la fábrica.

35. La piedra *pomez ó pumita* que se distingue por su estructura fibrosa y porosa en el sentido de las fibras, es áspera al tacto y dura, hasta rayar el acero, y tan ligera que sus fragmentos sobrenadan en el agua pero no si se reducen á polvo.

Su color es blanco agrisado, gris ceniza ó azulado y brillo sedoso.

Como la traquita y la lava puede emplearse en construcción, y reducida á polvo sirve para pulimentar.

36. PIEDRA DE YESO ó ALJOR.—Esta piedra, compuesta de ácido carbónico con la cal y el agua, es de poco peso y dureza, como que se raya con la uña: no hace efervescencia con los ácidos: su color es blanco, blanco rojizo cuando contiene óxido férrico, ceniciento, amarillo, pardo y á veces gris. Es de estructura granuda compac-

(a) Silicato de cal, hierro y magnesia con algo de alúmina.

ta, hojosa, fibrosa ó terrosa y está mezclada á menudo con mica, talco, cuarzo, sal gema y otros minerales, como la arcilla.

Expuesta esta piedra al fuego á una temperatura de 120 á 160° pierde el agua y se convierte en *yeso*, del que más adelante se hablará, con la propiedad de que combinado de nuevo con dicho líquido, se endurece otra vez y vuelve á ser yeso.

Hay diferentes clases de aljor ó piedra yeso y son:

La *común*, que sirve para construcción en sitios abrigados, aunque en Aragón se emplea con buen éxito al aire libre; es granuda, compacta, de color cenizo ó amarillento.

La *alabastrita ó falso alabastro*, de grano muy fino, compacta, trasluciente y de color blanco. Se labra y pulimenta bien y se emplea en pavimentos y objetos de adorno, ofreciéndose por el comercio como mármol onix.

La *selenita*, de estructura hojosa, color blanco, de donde sale el yeso *espejuelo, escayola* ó yeso puro que se emplea en el revoque de paredes, llamado escayolado. Se presenta algunas veces en grandes y delgadas láminas que se empleaban en lo antiguo en las ventanas como vidrios, pero con el inconveniente de que pierden su trasparencia con el tiempo, haciéndose opacas por la acción del aire.

La *filamentosa, fibrosa ó estriada*, compuesta de fibras paralelas en sentido perpendicular á las capas de estratificación, tiene colores claros, brillo sedoso, es más ó menos transparente y da un yeso bastante puro.

37. PIEDRAS CALIZAS ó CALCÁREAS. Son un compuesto de cal y ácido carbónico mezclados por lo regular con alúmina, sílice, magnesia y varios óxidos: si se exponen al fuego producen la *cal*, de que se hablará más adelante. Su estructura es compacta, escamosa, granosa, fibrosa ó radiada y hojosa ó pizarrosa. Unas veces posee la doble refracción en grado muy notable, y otras apenas se percibe esta propiedad. Su lustre varía considerablemente lo mismo que el color. Pueden rayarse con el hierro y no dan chispas con el eslabón, y su carácter distintivo es la efervescencia con los ácidos.

Como se presentan en bancos abundantes y su labra es fácil, son muy usadas; pero en su elección debe tenerse sumo cuidado, pues hay muchas heladizas y algunas tienen los bancos atravesados por hendiduras llenas de sustancias extrañas menos duras y adherentes, formando así lo que se llama *hilos*.

Para su estudio las dividimos en tres grupos: *margas calizas, piedras calizas bastas*, que no admiten pulimento y *mármoles* que lo admiten.

38. Las *margas* son *calizas* como ya se ha indicado (19), cuando se componen de arcilla y cal, pero ésta en la proporción de 50 á 80 por 100. Á menudo contienen arena cuarzosa fina, mica y sustancias carbonosas ó bituminosas que las hacen fétidas ó combustibles. Efervescen débilmente con los ácidos, se desagregan con facilidad por la exposición al aire y, por lo tanto, son muy poco usadas en construcción y solo en obras poco importantes y al abrigo de la intemperie.

39. Entre las *piedras calizas bastas* merecen especial mención las siguientes:

La piedra magnesiana *dolomítica ó dolomia*, que contiene 44 por 100 de carbonato de cal y 56 de carbonato de magnesia, cuyas proporciones varían por la presencia de mezclas varias, ferrosas muchas veces. Pueden ser incoloras ó blancas y con tintas rojas, amarillas, grises ó verdosas claras, y para que hagan efervescencia con los ácidos es necesario reducirlas á polvo y tratarlas en caliente. Se distinguen por su estructura en *granudas, cavernosas, compactas* y *terrosas*. Las granudas tienen el grano cristalino y á veces sacaroideo, de colores blancos, grises, rojizos ó amarillentos y son de fractura brillante y nacarada, por lo que se les llama también espato perlado: la cavernosa posee estructura fino-granuda con numerosas cavidades que suelen estar llenas de dolomia pulverulenta: tiene color gris amarillento, gris azulado ó pardo y á veces es bituminosa y fétida, conteniendo otras espato calizo, hierro espático ó hierro pardo; la compacta es de grano fino y bastante duro y la terrosa es pulverulenta.

40. La caliza *lacustre* ó de agua dulce, es muy compacta, algunas veces terrosa y otras porosa ó cavernosa, de color blanco agrisado, amarillento, gris ó rojizo y suele contener abundantes fósiles. Á esta clase corresponde la empleada en el palacio real y en las estátuas de los reyes de España en Madrid, sacada de las canteras de Colmenar Viejo.

41. La caliza *oolítica* está formada de pequeños gránulos unidos por medio de un cemento calizo en capas concéntricas y semejantes á los huevos de pescado: su color es blanco ó amarillento. Se denominan *pisolitas* cuando los núcleos son de mayor

tamaño, llegando en algunas á exceder al de una avellana.

42. Las calizas *fétidas* y *bituminosas* son granudas ó compactas y se hallan impregnadas en gran cantidad de materias bituminosas que las comunican colores pardos ó negros y que por la frotación desprenden olor desagradable.

43. La *toba* es una caliza de grano muy fino ó terroso, de color amarillento ó pardo y de estructura porosa, celular ó cavernosa, formada de incrustaciones calcáreas sobre materias de naturaleza extraña, como ramas, hojas y otros restos orgánicos vegetales y también animales. Es muy fácil de labrar, especialmente cuando está humeda ó recién salida de la cantera, pues luego endurece.

44. La *creta* es otra caliza terrosa, fina y muy deleznable, envolviendo multitud de fósiles, de cuyos restos se supone formada: es blanca las más veces y algunas amarillenta ó gris, se adhiere á la lengua y es áspera al tacto.

45. MÁRMOLES. — Son el producto de la cristalización de las calizas y su estructura es compacta con variedad de colores, debidos á los óxidos metálicos, betunes, materias colorantes y fósiles. El mármol que no tiene óxidos metálicos es homogéneo y enteramente blanco, resistiendo perfectamente la acción combinada de la lluvia y de los hielos. Por el contrario, los que los tienen sufren una desagregación tanto más pronta cuanto más terrosos son y tanto más fuertes son las variaciones de temperatura, siendo tan sumamente lenta que es apenas perceptible en paises de clima templado. Todos los mármoles son susceptibles de admitir pulimento y para estimarlos y apreciarlos se atiende á la viveza de sus colores, á la homogeneidad de su estructura y á la resistencia que presentan á los agentes atmosféricos. Y como el mármol es un cuerpo muy sonoro, se infiere su estructura por la claridad del sonido que produce al golpearlo suavemente, admitiéndose como regla general que cuanto mejor suena tanto más se puede pulimentar y tanto mayor brillo adquiere.

Los mármoles se clasifican en cuatro grupos, denominándose *simples*, *compuestos*, *brocateles* ó en *brechas* y *lumaquelas*. Todos ellos se caracterizan perfectamente por su estructura, formación y propiedades.

46. Los mármoles *simples* son incoloros ó blancos, rojos, amarillos, negros, etc., y con vetas que ofrecen una gran variedad. Entre ellos están: el mármol *estatuario* ó *sacaroide*, de estructura bastante parecida al azucar de pilón, siendo los más celebrados el de Pasos (Grecia), ya agotado, que era de grano grueso y el de Carrara (Italia), donde lo hay de grano fino y grueso.

El *alabastro* es de estructura hojosa, color blanco azulado ó amarillento y muy trasluciente, denominándose *oriental* cuando es grande su traslucencia y pureza de color.

Existen, además, en esta clase los mármoles *rojos*, entre los que el guindo de Italia es de fondo rojo oscuro con manchas simétricamente repartidas del mismo color, pero de tono más claro y con frecuencia constituídas por restos fósiles de nautilus; el *rojo antiguo*, que es mármol blanco y pizarra, de color de sangre, debido á los pólipos; el *portor* (de Génova), en cuyo fondo negro hay magníficas vetas doradas; el *grande antiguo*, también de fondo negro con vetas blancas bien marcadas; el *negro* de Hainaut (Bélgica), que no tiene rival, y, finalmente, los mármoles *amarillos*, entre los que el *dorado uniforme* es muy raro; el de *Siena*, que tiene manchas grandes é irregulares rodeadas de vetas rojas, y el *azul turquí*, de fondo azulado y venas más oscuras.

47. Los mármoles *compuestos* conservan los caracteres de la caliza metamórfica y contienen además materias extrañas, como talco, pizarra y serpentina, formando en la masa del mármol nódulos bastante duros en unos, y dispuestos como en hojas en otros. Son de colores verdosos y algunos con puntos brillantes debidos á la mica.

Entre estos mármoles se comprenden: el *cipolino* ó *pentélico*, que algunos consideran como mármol simple y está formado de caliza sacaroide con mica ó talco, que le dá una estructura de pizarra con fajas blancas ó verdes onduladas y la mica casi verde sembrada en una pasta blanquecina; el *oficalcito* ó *verde antiguo* blanquecino ó verdoso, que es la caliza sacaroide mezclada con algo de serpentina en que impregna á veces su masa ó se encuentra en fragmentos irregulares, y el *campana*, compuesto de hojas ondúladas y materias de diversos colores dominando el rojo, el verde y el amarillo.

48. El mármol formado de trozos irregulares y angulosos se denomina *brocatel* si los fragmentos se compenetran y son muy pequeños, y *en brecha* cuando nó. Están trabados los fragmentos por una materia silícea, arcillosa y caliza.

Están entre esta clase de mármoles: el *brocatel*

de España (en Tortosa) que sobre un fondo del color de las heces del vino tiene manchas redondeadas amarillas, grises, amarillentas y blancas cristalinas; el mármol *ónice* que es una variedad de ágata en cuya masa se encuentran reunidas la calcedonia, la sardónice y la cornerina, presentándose por capas sucesivas y por bandas paralelas caprichosamente contorneadas á menudo sobre fondo blanco lechoso. El mármol *en brecha* (20) es de color violeta, manchado unas veces de blanco brillante y desigual y otras con restos de fósiles y fragmentos de carbonato cálcico oscuros, amarillos y blancos. El mármol *ruiniforme* (de Florencia), deja ver en un fondo gris claro muchas líneas negras producidas por el infiltramiento de sustancias feruginosas semejando edificios ruinosos cuando se les mira de lejos. El *gran luto* y *pequeño luto* son mármoles cuyo cemento calizo blanco une fragmentos negros de tamaños muy diversos.

49. Se llaman *lumaquelas* los mármoles que tienen abundantes restos de conchas y madréporas unidos por un cemento calizo de fondo oscuro presentando dibujos é irisaciones muy agradables después de tallados, unas veces de color rojo anaranjado, otras de rojo vivo y otras de atornasolados variadísimos.

50. Se hace tomar á los mármoles el color que se quiera empleando ciertas sustancias disueltas en líquidos varios, según son aquéllas. Se coloran de azul con tornasol en polvo disuelto en alcohol, ó con una disolución de sulfato de cobre, de amarillo con goma guta disuelta también en alcohol, de rojo con tintura de cochinilla ó de sangre de drago, de amarillo con pimiento en amoniaco, de amarillo de oro con vitríolo blanco, sal amoniaco y verde gris, de verde, tiñéndolos primero de azul y después de amarillo, de púrpura con la fuschina, y de negro con el nitrato de plata.

Para teñirlos se desbasta nada más el mármol, se limpia bien, se calienta para prepararlo y luego se vierte hirviendo la disolución. La cera hace opacos los colores y contribuye á aumentar la zona de difusión.

51. En el empleo del mármol hay que tener ciertas precauciones. Los blancos empleados en chimeneas adquieren por el calor y con el tiempo una fragilidad tal que les perjudica extremadamente, haciéndose más notable esta propiedad cuando esta clase de mármol está expuesta al sol, tanto que en algunas estatuas se caen los extremos ó partes salientes. Esto ocurre también y con más facilidad con los mármoles que contienen arcilla que se desmenuza por la acción del aire.

Hay mármoles que contienen grietas y concavidades llenas de caliza más tierna ú otros cuerpos, invisibles muchas veces ó que no se distinguen á primera vista, lo cual los hace sumamente defectuosos, teniendo que emplear el llamado mastic para taparlas.

Otros mármoles tienen ciertos *pelos* formando grietas que se conocen mejor después del pulimento y que luego ocasionan su fractura.

Si los mármoles contienen piritas de hierro ú otras sustancias ferruginosas, se oxidan fácilmente con la humedad de la atmósfera, pero pueden lavarse con una disolución de cloro.

El mármol debe elegirse que no sea tan excesivamente quebradizo por su dureza ó cristalización que el cincel lo haga saltar sin poderse hacer molduras ó aristas vivas, ni tan tierno que le falte cohesión al grano, pues entonces se desmorona al trabajarlo.

Debe hacerse notar que el vulgo confunde á veces el alabastro yesoso ó alabastrites y jaspe con los mármoles por su gran semejanza. Hay, sin embargo, entre unos y otros diferencias notables, pues el primero es un sulfato de cal, los mármoles son carbonatos, y el jaspe, como se ha dicho (11), pertenece á las piedras cuarzosas. La confusión de unos con otros puede traer graves consecuencias, pues que sus propiedades son diferentes.

52. ALTERACIONES QUE SUFREN LAS PIEDRAS CON EL TIEMPO.— Los agentes atmosféricos, la humedad y otras causas descomponen algunas piedras ó las deterioran con el tiempo, especialmente dentro de las poblaciones donde el aire lleva más gérmenes de destrucción. Pfaff ha observado que una caliza perdió en tres años un espesor de cuatro milímetros, aunque por otro lado ganó en dureza. El mármol resiste menos tiempo que el asperón y más que el granito, en el cual se altera el feldespato y la mica. En España, el granito resiste más que las piedras areniscas, pero menos que las calizas.

Hay piedras que resisten, sin descomponerse, la acción del fuego; tales son las en que predomina la sílice, y otras, por el contrario, expuestas á un calor más ó menos intenso, se descomponen, dando lugar á productos de distinta índole, de los cuales algunos son de inmensa utilidad, como las cales y

los yesos. De aquí el que algunos autores clasifiquen las piedras en *silíceas* y *calcáreas*. Todas las piedras se dilatan, sin embargo, con el calor, aumentando 0,00001 de su volumen á una diferencia de temperatura de 100°.

53. Las piedras que son atacadas por los hielos son las que, absorbiendo la humedad atmosférica ó conservando la de la cantera y no teniendo la suficiente cohesión para resistir la fuerza expansiva del agua cuando se hiela, se agrietean unas veces, se esfolian otras, ó se reducen exteriormente á un estado pulverulento. Esta circunstancia hace que se las denomine *heladizas* y nos dice que no se deben emplear sino en sitios que estén al abrigo de los hielos como en los interiores de los muros, ó que hayan de estar cubiertos de otros materiales ó de capas de sustancias que los pongan fuera del alcance de las variaciones atmosféricas.

Los efectos de la heladura se producen en ciertas piedras algunos años después de haber sufrido la acción de las heladas y haber permanecido intactas al parecer, apareciendo cuando reciben algún golpe ó sufren algún movimiento, en cuyo caso se desmoronan por completo.

54. El conocimiento de este defecto es, por lo tanto, de la mayor importancia, siendo al mismo tiempo muy fácil de distinguir.

Se conoce si una piedra calcárea es heladiza cuando labrado un trozo se le expone al calor del fuego sin que lo toque hasta que esté seca en un espesor de unos dos centímetros: si colocándola luego horizontalmente y mojándola bien con agua, ésta se empapa en el espacio de veinte minutos, la piedra será sospechosa, pues que si fuera buena no traspasaría más que la superficie.

Si las piedras han sido empleadas en otras construcciones puede observarse la influencia que en ellas haya ejercido la atmósfera; y si es desconocido su empleo, puede humedecérselas y exponerlas durante algún tiempo á las alternativas del frío y del calor, y si resisten á esta prueba no hay duda de que están libres de ese defecto. Si la premura del tiempo no permitiera hacer este ensayo, se sumerge durante media hora un trozo de la piedra que se desea examinar en una disolución de sulfato de sosa (sal de Glauber) á la temperatura de 15°, y si la piedra es heladiza habrá absorbido parte de la disolución y la fuerza expansiva de la sal hará al cabo de algunos días el mismo efecto que los hielos.

También se puede averiguar si las piedras son heladizas tallando unos pequeños cubos, de cinco centímetros de lado, cuyas aristas se marquen con tinta china é introduciéndolos durante media hora en la misma disolución de sosa. Se sacan los cubos y se les suspende de un hilo, colocando debajo de cada uno de ellos vasos que contengan la disolución citada, cuya operación debe hacerse en una habitación cerrada. A las 24 horas de verificado el ensayo, se notará que las eflorescencias salinas en forma de agujas, son mayores durante la noche ó en tiempo húmedo muy frío. Si las eflorescencias no contienen ninguna de las sustancias que entran en la composición de la piedra, ésta no será heladiza, así como tampoco lo será si ha conservado perfectamente las aristas, lo que se conocerá por la tinta con que se habían marcado. Este ensayo, que debe hacerse con sumo cuidado para que las piedras no aparezcan con propiedades de heladizas, no siéndolo realmente, no ha de repetirse más de cuatro veces, pues la mejor piedra no podría resistirlo. Además no da indicaciones seguras, según Vicat y otros.

Pueden también someterse las piedras á la acción de los hielos, regándolas con agua hirviendo para que se desprendan los trozos mal adheridos á la masa, repitiendo la operación tres ó cuatro veces.

Braun ha ideado que sometiendo una piedra á la tracción, puede averiguarse si es heladiza, pues que lo será si no resiste, porque la fuerza expansiva del agua contenida en sus poros en el momento de congelarse, es mayor que su resistencia á la tracción.

ARTÍCULO II

Preparación de las piedras para su empleo y conservación.

55. OPERACIONES QUE EXIJE LA OBTENCIÓN DE LAS PIEDRAS.—Para conseguir la piedra que ha de emplearse en la construcción, se hiende ó divide la roca en trozos llamados *bloques*, á cuya operación se llama *arranque;* después se dividen estos bloques en trozos más manejables ó se les da una forma aproximada á la que han de tener, aunque con creces, que es lo que se llama *desbastar* la piedra; y últimamente se *labra* qui-

tándole todo lo que tiene de más, para que ajuste en el sitio que ha de ocupar y presente sus caras más ó menos lisas ó molduradas.

La operación del arranque ó sea la explotación de la cantera, que constituye un ramo de la Minería, tiene que hacerse de uno de dos modos: ó *á cielo abierto* cuando las rocas están en la superficie ó próximas á ella, ó *subterráneamente* si la profundidad á que se encuentran no permite hacerlo de otra manera.

56. ARRANQUE Ó EXPLOTACIÓN Á CIELO ABIERTO.—Generalmente presentan las piedras en la superficie de la tierra una formación imperfecta ó tosca y delgada, llamada *lastre*, ó se hallan cubiertas de una capa de tierra, cuya separación del sitio de la cantera ó el *desbrozo*, es preciso antes de proceder á otra operación. Al elegir el sitio para depósito de estos productos, así como de los desperdicios del arranque, deben tenerse en cuenta las necesidades futuras de la explotación que se calcule ha de tener la cantera, con el objeto de que no embaracen después.

Descubierta la roca, se examinan las grietas que por lo común tiene y si son numerosas ó se hallan en buena disposición, se introducen á fuerza de golpes unas cuñas de acero colocadas entre hojas de palastro hasta que se consigue separar del todo las partes de la piedra, concluyendo entonces la operación con palancas ó perpales, que son unos barrones de hierro, ó por otros medios.

Si las grietas no existen, y la roca se presta á ello, ya por su espesor, ya por su estructura, se abren rozas en el sentido en que se la quiera partir, ó una fila de agujeros, mediante los cuales y por medio de las cuñas y un martillo mazo, se consigue hender la piedra.

Las cuñas de hierro pueden sustituirse en algunos casos con las de madera seca, la cual mojada, aumenta de volúmen y produce el efecto que las primeras. En tiempo de heladas pueden llenarse de agua las rozas ó ranuras abiertas en la roca y entonces el hielo al ejercer su influencia sobre el agua, verificará el agrietamiento. El mismo efecto se puede conseguir con el yeso, que al fraguar aumenta de volúmen.

57. Estos medios, que á no exigir un gran gasto de tiempo ó de dinero deben emplearse con preferencia, pues con ellos se divide la piedra en el sentido que se desea, no son aplicables en muchos casos y entonces es preciso el empleo de la pólvora ó de la dinamita. *(a)* Sin embargo, son los únicos que deben emplearse para la extracción de los mármoles porque la explosión de aquellas materias produce en ellos pelos imperceptibles que pueden producir después fatales resultados.

Se hace uso de la pólvora y de la dinamita, por medio de *barrenos* ó sean agujeros cilíndricos que se cargan á modo de una escopeta, ó ejecutando cámaras ó cavidades en la piedra y cargándolas con las mismas sustancias.

Para ejecutar un barreno, el operario llamado *barrenero*, hace uso de unas barras de hierro llamadas *barrenas*, cuya extremidad, en forma de bisel ó cono, está acerada. Á estas barras se las golpea con un martillo ó se las deja caer á golpe, levantándolas en alto, por uno ó dos hombres, según sea su peso. Á cada golpe se la hace girar un poco, y, de tiempo en tiempo, se separan los detritus que se producen, con la cuchara *(fig. 1.ª)*, y se vierte luego agua en el agujero para producir más efecto. Los barrenos se hacen de 2 á 10 centímetros de diámetro, con una profundidad de 30 á 150 y aun 2 metros.

Hecho el barreno de la profundidad conveniente, se le limpia y seca bien, procediendo luego á cargarlo echando la cantidad conveniente de pólvora en proporción á la resistencia de la piedra y disposición del barreno, y sobre ella se coloca la *mecha* de la longitud suficiente para que los barreneros puedan tener tiempo de retirarse después de dejarlas encendidas y antes de hacer la explosión. Se procede luego á poner el taco de papel ú otra sustancia análoga y á llenar el resto del barreno con arena ó tierra apretándola con una barra *(fig. 2.ª)*

(a) La pólvora, que está formada de nitro (salitre) azufre y carbón, se sustituye con una mezcla de 58 gramos de nitrato potásico, 16 de azufre y 26 de serrín fino, siendo preferible el de caoba. Para verificar esta mezcla, se tritura primero el nitrato hasta reducirlo á polvo grueso y luego de seco al sol se le mezcla el serrín que también debe estar muy seco y aun tostado, y se añade después la flor de azufre.

La dinamita se compone de sílice pulverizada y yeso ó cemento mezclado á la nitroglicerina. Se prepara en cartuchos de 10 á 15 céntímetros de longitud por 3 de diámetro, que contienen de 60 á 70 gramos de dinamita.

De poco tiempo acá se fabrica una sustancia explosiva llamada *nitramita*, que según los fabricantes no presenta peligro alguno aun á los choques, es insensible á la influencia del calor y del frío y su explosión solo puede producirse con una cápsula especial.

llamada *atacadera,* terminada en su parte inferior por un cilindro de mayor diámetro provisto de una ranura que resguarda la mecha.

Hasta hace poco, se ponía en vez de la mecha una aguja que se quitaba después del barreno, llenándose el hueco que dejaba con pólvora fina. Después se sustituyó con una mecha que hacían los mismos barreneros con una paja, caña ú otro medio cualquiera que se rellenaba con pólvora. Hoy la industria fabrica á bajo precio mechas llamadas de *seguridad,* cuyo envolvente es un tejido y que son las que se emplean casi exclusivamente. Por término medio se consumen 60 centímetros de longitud en cada minuto.

Con objeto de evitar los fatales efectos de una chispa al tiempo de atacar los barrenos (que suelen ocurrir empleando atacaderas de hierro, con las que toda precaución es poca), se han sustituído con otras de aleaciones de cobre; mas éstas cortan á veces la mecha dando motivo á lo que se llama *mechazo,* no disparándose el barreno, y se echa mano de atacaderas de madera dura, de encina por ejemplo, que evitan en gran manera este contratiempo.

Para el empleo de la dinamita se corta en primer lugar la mecha bien perpendicular y se coloca de modo que la sección llegue á la superficie del fulminante, apretando con unas tenacillas á propósito el cilindro de cobre para sujetar bien dicha mecha. Se abre luego un extremo del cartucho de dinamita y se hace en él un hoyo donde se aloja la cápsula del fulminante y luego se ata la parte de papel ó pergamino sobrante del casquillo, quedando así todo fijo. Á esta especie de conductor se le llama *salchicha.*

Se introduce el cartucho en el barreno dejando fuera la suficiente mecha y se aprieta ligeramente con la atacadera, echando luego sobre el cartucho una poca de arena ó de agua como taco. Los barrenos se cargan con los cartuchos que exija su profundidad, dejando entre ellos algún hueco para que el aire ayude á la explosión y bastando poner fulminante en el primero que se llama *cartucho cebo,* para que los demás estallen por la violenta sacudida que aquél produce. Cuando hay que disparar bajo agua se emplean mechas impermeables y se proteje la unión del cartucho con pez, cera ú otra sustancia, mala conductora de la humedad é impermeable.

La disposición y dirección que debe darse á los barrenos, lo enseña más que nada la práctica y únicamente diremos que debe evitarse abrirlos donde la piedra tenga una parte débil ó haya grietas, no siendo obstáculo que éstas se hallen inmediatas, pues esto puede favorecer los efectos de la explosión. Los barrenos verticales abiertos en rocas de gran resistencia, suelen salir por la boca sin producir efecto alguno, dando así lo que se llama *bocazo.*

Debe tenerse, sí, un especial cuidado en llevar cuenta de los barrenos que van estallando para no aproximarse mientras no haya seguridad de que no falta ninguno ó de que los faltos no han de estallar ya.

Cuando la masa de piedra que se quiere levantar es de alguna consideración y puede ser atacada con los ácidos, se forma con el muriático en el fondo del barreno una cavidad llamada *hornillo,* que se llena de pólvora ó de explosivos más enérgicos, dando fuego por medio de la electricidad. En grandes explotaciones ó desmontes, especialmente cuando se trata de obras de puertos, en que para resistir el embate de las olas se necesitan bloques de grandes cubos, se abren minas en la roca que se cargan hasta con enormes cantidades de dinamita ó de pólvora y las cuales levantan montañas enteras.

Parece oportuno exponer aquí el sistema de explotación que se sigue en las canteras de Monjuich (Barcelona) y que se denomina *por arranque.*

La formación del terreno es por capas horizontales de arenisca roja alternada con otras de arcillas y margas, normales á la ladera. Se atacan los bancos de arcilla ó marga por medio de galerías horizontales y paralelas en dirección normal á la ladera, las cuales se unen en el fondo con una galería general de salvamento que va á salir fuera del terreno á una distancia conveniente. En seguida se practican otras galerías perpendiculares á las primeras, y de este modo queda todo el terreno superior sostenido por los pilares arcillosos que han quedado entre las galerías. Éstos se debilitan á su vez atacándolos poco á poco por medio de otras galerías intermedias en dirección perpendicular á las anteriores, formando así una cuadrícula de galerías separadas por pilares de arcilla, que se van destruyendo á su vez hasta que, no pudiendo resistir el peso que sobre ellos gravita, ceden, y entonces se derrumban las capas superiores en trozos más ó menos grandes, cuya caida es lo que se llama *enderroch.*

La caída se efectúa deslizándose las capas de dentro á fuera, y esta circunstancia y la práctica de los operarios es causa de que trabajen con cierta seguridad hasta que el crujido avisa de la proximidad del resbalamiento y rotura, con cuyo objeto hay prácticos especiales encargados únicamente de observar.

Una vez dividida la roca por el agrietamiento, es más fácil subdividirla en trozos manejables, lo cual se hace con barrenos ordinarios.

58. EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA. — La profundidad á que se halla la piedra no permite algunas veces desmontar las capas superiores de terreno que las cubre, y en este caso es preciso hacer la explotación debajo de la tierra, empezando por abrir pozos si la roca está en un llano, ó galerías si forma las vertientes de un valle, con el objeto de que por su medio pueda verificarse la extracción de la piedra.

Si la situación de la roca es formando las laderas de un valle donde se descubren las cabezas de los bancos, se empieza por destruir el que aparezca más débil ó más delgado, con lo que se tiene ya un espacio para que por los medios indicados al hablar de la explotación á cielo abierto, puedan ser atacadas las demás capas. Se comprende perfectamente que el techo de la excavación debe sostenerse por medio de puntales, piés derechos y demás medios de entibación ó dejando de trecho en trecho, según la consistencia de los bancos lo requiera, pilares de la misma piedra. Las cavidades ya explotadas pueden aprovecharse para amontonar los fragmentos inservibles.

Cuando las cabezas de los bancos no se descubren ó la explotación ha llegado ya á distancias considerables de la vertiente del valle, se abren pozos, por los cuales se desciende á las capas explotables, y una vez allí, se abren galerías de explotación del modo indicado antes.

Las rocas en masas no estratificadas se explotan de la misma manera, aunque es más costosa la operación por la dificultad de su ataque é irregularidad de sus grietas.

59. En esta clase de explotaciones es muy frecuente encontrar agua, que hay que sacar por los medios que las circunstancias de la localidad aconsejen, empleándose para ello, unas veces los cubos ó cubetas atadas á una cuerda arrollada á una polea y otras veces las bombas, rosarios ó demás medios de elevación de aguas que son movidas por los hombres ó por las bestias y aun por máquinas de vapor.

La respiración de los trabajadores se hace en algunos casos fatigosa y aun imposible, y entonces hay que recurrir á medios mecánicos para renovar el aire. Esta es la causa de que se abran pozos á diferentes alturas, con el objeto de que pueda establecerse una corriente de aire de abajo arriba.

60. DENOMINACIÓN Y DESBASTE DE LAS PIEDRAS.—Obtenido el hendimiento de la roca, hay que partir los bloques demasiado grandes, haciendo pequeños barrenos llamados *pistoletes*.

Las piedras, tales como salen de la cantera, se denominan *mampuestos* cuando son manejables por un hombre y se destinan á obras poco importantes ó al acompañamiento de materiales más re gularizados.

El desbaste de los bloques para regularizarlos y convertirlos en lo que se llama *carretales*, se efectúa en el *taller de desbaste*, es decir, en la misma cantera ó en sitio no muy lejano para evitar transportes inútiles y luego de extraída la piedra (pues es más blanda por conservar el agua de cantera). Para ello se parten los bloques resultantes de las operaciones del arranque, por medio de cuñas y aun de barrenos, quitando luego las partes sobrantes y las mayores irregularidades con el *pico (figura 3.ª)*, que, como se ve, es un pesado martillo de hierro acerado con una cabeza cuadrada por un lado y una punta por otro ó con un *cincel agudo ó puntero*, que es una barrita de hierro puntiagudo, el cual aplica el cantero de desbaste contra la piedra con la mano izquierda, mientras con la derecha le da golpes con un martillo.

Con estos útiles se da á la piedra una forma aproximada á la que ha de tener en obra *(fig. 4.ª)*, resultando *sillares* si su menor dimensión es de más de $0^{m}40$ y *sillarejos* si su mayor lado no llega á dicha magnitud. Cuando el espesor de los bancos de piedra es menor de $0^{m}25$ ó cuando del trabajo resultan así delgadas las piedras, siendo mucho mayores sus otras dos dimensiones, se denominan *losas, lajas, lanchas ó rajuelas (a)*.

61. Al hacer el desbaste debe tenerse presente cuáles son en la piedra las caras que corresponden á la huella, dirección ó ley de cantera ó á sus le-

(a) Los gneis, las pizarras y, en general, todas las rocas esquistosas proporcionan este material.

chos para procurar que su colocación en obra sea la misma que la de la cantera.

Esto es fácil de conocer en las piedras calizas, cuyos planos de estratificación se manifiestan claramente; mas en las areniscas y principalmente en las graníticas, cuya formación es aglomerada ó por cristalización no se descubre señal alguna que dé idea de su posición en cantera. Sin embargo, al hender la masa con las cuñas, el agrietamiento sigue una dirección que indica la tendencia natural de la roca, lo que puede observarse atendiendo si las hendiduras de los otros órdenes de cuñas, paralelos al anterior, siguen una dirección también paralela al plano de la primera. Este plano, debido sólo á la acción de las cuñas, es conocido por los canteros con el nombre de *desdoble* y sirve de guía en la labra de los lechos.

En ciertas masas de granito compacto y de grano uniforme más ó menos fino que tienden á dividirse en hojas en cierto sentido, aunque su aspecto no sea pizarroso ni veteado, se descubre esta cualidad por medio de las herramientas, sirviendo perfectamente esta piedra para extraer losas.

En las piedras de estructura hojosa, como las pizarras, se verifica la separación por medio de cuñas ó cuchillos, siguiendo los planos de división de la estructura para obtener las hojas ó placas, las cuales se procuran más ó menos gruesas según el objeto á que se las destina.

62. MEDIOS DE EXTRACCIÓN Ó ARRASTRE DE LAS PIEDRAS. — Regularizada la piedra ó desbastada, fácilmente se extrae de la cantera por medio de rodillos *R*, *R*, *(fig. 5.ª)*, sobre los cuales se hace resbalar la piedra empujada por palancas, llamadas también alzaprimas, que son unos barrones de hierro. Se tira también de la piedra por medio de sogas ó cuerdas de cáñamo. Debajo de los rodillos y por el camino que ha de recorrer la piedra se van colocando tablones *tt*, para que el rozamiento sea menor, y aun carriles de madera ó de hierro. Este arrastre se comprende fácilmente cuando la piedra ha de llevar una misma dirección. Para desviarla de la línea recta basta colocar el rodillo delantero *rr*, *(fig. 6.ª)* en sentido del radio *r'r'* correspondiente á la curva que debe seguir la piedra, con lo que, al empujarla, toma la dirección deseada, como se indica de trazos y con flechas en la figura.

También se emplean con este objeto las *zorras*, que no son otra cosa que unos bastidores fuertes de madera, montados sobre rodillos y que son tirados por hombres, generalmente hasta el sitio del empleo de la piedra si está próximo, ó hasta los carros, cuando éstos no pueden acercarse á la cantera.

Para colocar la piedra en los carros ó en la zorra se hace uso de tablones y rodillos, dispuestos aquéllos en plano inclinado para ganar la altura del suelo al tablero del carro.

En explotaciones bien organizadas se levantan las piedras y se cargan en los carros por medio de grúas *(fig. 7.ª)*. Con esta máquina se levanta la piedra á mayor altura que el vehículo por medio de la cuerda ó cadena *gpct*, que, pasando por la polea *c*, se arrolla en el torno *t*, el cual gira valiéndose de la cigüeña *G*: haciendo luego girar á la grúa por su eje vertical hasta que la piedra esté sobre el carro, se afloja la cuerda por medio del mismo torno que ha servido para elevarla y se deja descansar sobre el tablero del carro. El contrapeso *R* para que la grúa no se mueva, es un sillar ó un montón de piedras.

Cuando la extracción de la piedra se ha de verificar por medio de pozos, se emplea para elevarla la misma grúa ó la cabria *(fig. 8.ª)*, en la que la cuerda pasa también por la polea *c* y se arrolla al torno *T*.

63. LABRA. — Cuando se quieren obtener en las piedras, superficies más lisas y vistosas que la que proporciona el desbaste de cantera, se procede á la *labra* de sus caras.

Esta operación se practica en un sitio inmediato á la obra donde se han de emplear, es decir, en el *taller de labra ó de labores*.

Las superficies llamadas *paramentos* que han de obtenerse con esta operación, pueden ser de varias formas, planas, cilíndricas, cónicas, esféricas y alabeadas. Las cuatro primeras se conocen perfectamente por pertenecer á cuerpos geométricos. La última es menos común y se engendra de varios modos: 1.°, por el movimiento de una recta sobre otras dos que no se hallan en un mismo plano ni son paralelas; 2.°, por el movimiento mixto de una recta, uno de cuyos extremos se mueve á lo largo de una recta y el otro va por una curva; 3.°, por el movimiento de una recta á lo largo de dos curvas de diferente especie ó situación, cuyas cuerdas, pertenecientes á arcos semejantes, no son paralelas una con otra.

64. Para labrar las piedras hay tres métodos:

por plantillas, por escuadría y *por media escuadría.*

El método primero consiste en labrar desde luego una cara con arreglo á la plantilla que se saca de la montea, deduciendo la posición de las demás caras por los ángulos que forman con ella y las dimensiones ó figuras de cada una por las plantillas correspondientes. Con este objeto se juntan las plantillas unas con otras de modo que formen el sólido.

Para labrar la primera cara haciéndola plana, que se llama *desalabear* la superficie, emplea el cantero de labra el pico de desbaste ó el que indica la *figura 9.ª*, hasta que, aplicándole encima una regla, como se ve en la *fig. 10*, se ajuste bien en todas las direcciones posibles sin que quede hueco alguno. Se traza desde luego sobre este plano, y con ayuda de la plantilla, la figura que ha de tener esta cara y con un *cincel tallante (fig. 11)* y un martillo, se labra una cinta por todo el perímetro, de uno ú dos centímetros de anchura, á la cual se llama *tirada* ó *maestra*. Después, con ayuda del *baibel (fig. 12)*, de la *escuadra (fig. 13)* ó tomando los ángulos con la *saltarregla (fig. 14)*, se deducirán las posiciones de las otras caras y se labran ajustando las plantillas respectivas. Este sistema conduce á errores, pero es más breve y económico que los otros.

El método de labra por escuadría se llama así porque antes de dar al sólido la forma que ha de tener, se escuadra la piedra en forma de cubo ó paralelepípedo rectangular circunscrito á dicho sólido. Para ello se labra primeramente una cara con sus cintas ó maestras perpendiculares entre sí, y se forman después, con ayuda de la escuadra, los ángulos triedros trirrectángulos, teniendo cuidado de marcar sobre sus aristas ó cintas, á partir del vértice, las longitudes que indican la separación de las caras respectivas; por último, se labra la última cara en la que se pueden señalar las cintas de contorno que la limitan.

La labra por media escuadría se diferencia de la anterior en que no necesita la labra prévia de dos caras, á escuadra una de otra, y en que se emplean algunas plantillas haciendo uso del baibel y de la *cercha (fig. 15)*. Cuando se exige una labra fina se emplea el cincel tallante para toda la superficie, en vez de usarlo para las aristas solamente, ó se usa el de *puntas ó dientes (fig. 16)* ó la *escoda* ó *trinchante (fig. 17)*, con cuyos útiles se deja la cara con la exactitud que se desee, empleándose los dientes para la piedra más dura.

65. Si las superficies han de ser curvas y regladas como las de un cilindro, se labran las caras paralelas y planas de las bases por el método de escuadría y en ellas se marca su figura con las plantillas, labrando luego las caras normales á las anteriores que sean también planas: después se labran cintas siguiendo las generatrices de la superficie reglada, á cuyo fin, en las bases se habrán marcado con lápiz los puntos correspondientes á cada generatriz para aplicar á ellas la regla y si se quiere hacer la labra por baibel, éste es el que se aplica en el sentido de la curva.

Tratándose de molduras rectas, se labran por el método de escuadría las caras planas de junta de unos trozos con otros y que son paralelas y en ellas se marca el perfil de la moldura, aplicando después un cartabón con el perfil contrario á la parte que ha de presentar el relieve de la moldura, el cual indicará la parte de piedra que hay que quitar.

Se labra también la piedra por medio de máquinas ideadas al efecto. Así se han labrado los sillares y las molduras del palacio de Justicia de Londres.

66. La labra de las piedras es más ó menos esmerada, según el destino de la obra donde han de emplearse y el aspecto que han de presentar en sus paramentos. La de las juntas obedece principalmente á la estabilidad y solidez, y sus condiciones se fijarán al tratar de la colocación ó asiento de las piedras en la obra. La labra de los paramentos es independiente de la solidez y estabilidad y puede ser de varias clases, según sean las exigencias arquitectónicas. Es *común* ú *ordinaria* la labra que deja ver el grano de la piedra y presenta una superficie más ó menos áspera, según sea la firmeza de aquél, pero siempre igual ó uniforme en todo el paramento; labra *fina* la que se practica con el cincel hasta dejar la superficie lo más lisa que permita la piedra; labra *rústica* es la que deja desigual el paramento aplicando un trabajo ligero al del desbaste y presenta una superficie como desgastada ó estriada por las aguas de lluvia; la labra *intermedia* presenta cintas ó tiradas labradas marcando el perímetro de la cara de los sillares y una labra rústica ó común en el resto; y, finalmente, labra *historiada* es la que ofrece dibujos más ó menos sencillos, altos ó bajos relieves, etc., encerrados en un encintado liso que marca la cara del sillar.

67. PULIMENTO.— La importancia de la

construcción y el destino que ha de tener exigen muchas veces que se dé á las piedras cierto lustre ó brillo que haga resaltar su contestura, belleza y variedad de colores, lo que sucede comunmente con los jaspes y mármoles, que son los que mejor se prestan á esta operación.

Cuando esto se desea, se lleva la perfección de la labra hasta donde es posible, á no ser que haya sido aserrada la piedra, en cuyo caso tiene ya la superficie: bastantemente lisa. Hecho esto; se hacen las siguientes operaciones: 1.ª *Asperonar ó frotar*, esto es, con un pedazo de granito, de asperón ó piedra dura, debajo de la cual para mayor efecto se vierte arena silícea y agua, se frota fuertemente la piedra haciendo así desaparecer las desigualdades que el cincel ó el aserrado hayan dejado en la superficie: después que se ha hecho uso del granito como muñeca puede sustituirse con piedra caliza. 2.ª *Apomazar*, ó sea frotar con piedra pómez un poco humedecida, ó con un pedazo de arcilla cocida, poniendo debajo arena fina ó mejor polvo de piedra pómez. 3.ª *Empastar*, que es encubrir todas las imperfecciones que á pesar de los frotes anteriores queden en la superficie, empleando para ello el *mastic*, ó sea una mezcla de una parte de cera y dos de pez blanca, á lo que una vez derretido se le agregan polvos de la misma piedra. El empleo del mastic ha de ser en caliente. 4.ª *Emplomar*, ó sea frotar con una muñeca de plomo echando sobre la piedra al mismo tiempo polvos de esmeril y agua. También se emplea una muñeca de lienzo poniendo entonces polvos de esmeril y plomo ó limaduras de hierro y humedeciendo al mismo tiempo que se frota, hasta que aparezca el lustre. En los mármoles negros y de color suele añadirse á los polvos una pequeña cantidad de almazarrón. 5.ª *Refinar ó suavizar*, que es dar á las piedras el mayor brillo de que son susceptibles, para lo cual con la muñeca humedecida se frota bien con potea *(a)* hasta que adquiere un bello pulimento, secando después el todo. Esto es siendo mármol blanco, que cuando es de color se frota con una muñeca de lienzo el resíduo del emplomado, añadiendo una mezcla de limaduras de plomo y un tercio de alumbre, después de lo cual se concluye con la potea de estaño en seco. En los mármoles rojos se usa el almazarrón pulverizado. Se emplea también una especie de barniz llamado *costique*, que es una mezcla de cera virgen y aguarrás.

Todas estas operaciones se llevan á cabo cuando se destinan las piedras á servir de ornamentación y de lujo. Bastan, sin embargo, las dos ó tres primeras en el caso de destinarse á pavimentos ú otros objetos análogos, pues que las demás son inútiles porque su efecto desaparece al poco tiempo con el roce. En este caso puede conseguirse un semipulimento por medio del frote de unas piedras con otras, especialmente cuando se trata de pizarras ó piedras calizas.

Hay para este efecto máquinas consistentes en una rueda horizontal que gira por su eje vertical, en la cual encajan las losas que por el giro rozan con las colocadas en el suelo de una manera fija.

68. ASERRADO DE LAS PIEDRAS.—Ocasiones hay en que la piedra se presta á ser cortada como la madera, con una sierra, y otras en que la escasez ó carestía de ella ó destino que hay que darle obliga á emplearla en láminas. Este caso sucede muy comunmente con los mármoles que se destinan á cubrir paredes ó pavimentos.

Las placas ú hojas de pizarra se cortan de la figura y á la medida que exije el uso á que se destinan por medio de sierras; y si han de emplearse en pavimentos se cepillan para quitarles las desigualdades que presentan por su formación.

Hay además otras piedras que se prestan á ser aserradas con la sierra de dientes: pero lo más común es que la dureza obligue á usarla sin ellos, ayudando al rozamiento con arena silícea y agua. También puede emplearse en vez de arena, polvo de hierro colado, que se obtiene dirigiendo un chorro de vapor sobre otro muy fino de hierro fundido, el cual se convierte en polvo ténue y adquiere gran dureza al sumergirse en aquel líquido.

La sierra se suspende por su centro de dos pértigas flexibles, *P (fig.ª 18)* y se le imprime el movimiento de vaiven por dos peones uno á cada lado. Cuando se quiere dividir la piedra en losas delgadas, se emplea un bastidor *abc (fig.ª 19)*, al que se sujetan varias hojas de sierra distantes entre sí lo que se quiera dar de espesor á las losas. Este bas-

(a) La potea se hace de diversos modos: la potea de huesos es un compuesto de huesos calcinados y un tercio de alumbre todo en polvo; la potea roja es una combinación de una parte de salitre y cinco partes de sulfato de hierro, cuya mezcla se expone á un gran calor durante veinticuatro horas, y pulverizadas estas sustancias se tamizan; finalmente la potea de estaño no es otra cosa que la calcinación de éste por el agua fuerte.

tidor exige ya una fuerza superior á la de dos hombres y se emplea en este caso como fuerza motriz, la que proporciona una rueda hidráulica ú otro medio. Al verificarse el movimiento de vaiven al bastidor, se le imprime también á una tolva que vierte sobre la piedra el agua y la arena necesarias. El motor no obra más que al tope en la sierra y el mismo peso de ésta es el que produce el efecto. El bastidor tiene además unos contrapesos que lo suspenden y regularizan la marcha y rozamiento.

Hay también sierras mecánicas y entre ellas la ideada por Taberdón, cuya hoja tiene 80 dientes guarnecidos con un diamante negro y deja casi pulimentado el corte de sierra.

Se emplean igualmente para el aserrado de las piedras unas sierras de cinta, la cual está sustituida por un cordon trenzado de tres ó cuatro alambres de acero muy fino de la mejor calidad, que marcha por tres poleas y éstas giran con gran velocidad.

69. CONDICIONES QUE DEBEN TENER LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN.—La cohesión y dureza de las piedras han de ser suficientes para resistir los choques y presiones á que han de estar expuestas lo mismo que á las variaciones atmosféricas. Deben buscarse las que tengan un grano fino y homogéneo, contestura compacta, uniforme y dura sin pelos, grietas ó cavidades interiores llenas de sustancias extrañas y que al golpearlas con un martillo den un sonido claro y seco y no salten. Las que exhalan olor de azufre cuando se labran, se ha observado que son muy resistentes; y entre piedras de la misma especie, son en general más fuertes las más pesadas, más duras las de grano más fino y testura más compacta y más fuertes y pesadas las más oscuras.

Las piedras deben presentar además superficies ásperas para que se adhieran á los morteros que las han de unir, pues de otra manera resbalaría el mortero y las piedras harían lo mismo quedando sueltas y sin trabazón.

Las propiedades de absorber la humedad ó de ser permeables, deben tenerse presentes según el uso á que se destinen las piedras, desechando desde luego las que absorban prontamente el agua para obras que han de estar expuestas á la humedad y las que sean permeables para las que han de contener agua ó impedir sus filtraciones. *(a)*

La extracción de las canteras y su división en trozos ha de ser fácil; y según el destino que haya de dárseles, así han de ser susceptibles de una labra más ó menos esmerada. La piedra que presenta la fractura muy áspera con muchos puntos brillantes, se trabaja con más dificultad que las de fractura lisa y de grano uniforme.

Además, la bondad de las piedras de construcción y sus ventajas respecto de otras, no está precisamente en que sean tan duras que sea su labra, si no imposible, muy larga y penosa, si no en que sean al propio tiempo que duras, de fácil labra, debiendo desecharse lo mismo las excesivamente blandas como las demasiado duras, por ser muy díficiles de labrar. Se aprecia esta dureza (6) comparando el tiempo necesario para labrar superficies iguales de piedras diferentes ó bien el tiempo invertido en aserrar la misma superficie, cuando las piedras se prestan á esta operación. Debe advertirse, sin embargo, que hay piedras muy blandas al salir de la cantera que luego endurecen considerablemente y esto les pasa á las piedras de Burdeos y de Angulema, que aunque francesas son empleadas en España, y á algunas de Alicante y Salamanca, que cuando tienen la humedad de la cantera son fáciles de labrar con instrumentos cortantes como la azuela y el cepillo y pueden aserrarse con facilidad.

En las piedras hay que distinguir la absorción de la permeabilidad, que consiste en dejar paso al agua á través de los poros, pues sucede á veces que una piedra es absorbente hasta saturarse y no obstante no se cala, es decir que es impermeable.

Antes de su extracción de las canteras ha de examinarse si hay la suficiente cantidad para el objeto que haya de satisfacerse distribuyéndose convenientemente cada clase cuando la escasez de la cantera obligue á emplear las de otras de diferente calidad, teniendo para ello presente la resistencia de cada una para destinar las más resistentes á los puntos en que más solidez se necesite y las más débiles á donde las causas de destrucción sean ménos activas.

La experiencia en cada país enseña las piedras que reunen buenas condiciones, por lo que al tomar datos sobre los materiales que una localidad pro-

(a) El mármol absorbe 3 litros de agua por metro cúbico en 24 horas, el granito 6, la arenisca hasta 12, la cuarcita 15, las pizarras de 10 á 90, las calizas blandas de 120 á 170 y la piedra yeso 390.

porciona, se examinan con escrupulosidad las construcciones más antiguas donde estén empleados, y se observan los resultados que han dado para en su vista adoptarlas ó nó, ó tomar las precauciones necesarias.

De todos modos, aunque las piedras sean de buena calidad no conviene emplearlas en obra inmediatamente después de extraidas de la cantera, porque no tienen tanta resistencia como á los dos meses de expuestas al aire, especialmente si son areniscas, y más si son calizas, á las que es preciso darles tiempo para que pierdan por completo el agua de cantera.

70. La fuerza ó resistencia de las piedras se prueba por la acción de una prensa hidráulica ó de las palancas de presión, que tienen de 3 á 4 metros de longitud y están divididas como las romanas, teniendo como éstas un pilón. Están articuladas por su extremo en un muro y la piedra que se ha de experimentar, labrada en forma de cubo, se coloca encima de un yunque: se hace actuar sobre ella la palanca, avanzando el pilón poco á poco hasta que la piedra empieza á desmoronarse, en cuyo momento el pilón marca la carga que obra sobre la piedra y este peso, dividido por el número de centímetros cuadrados que tiene la cara del cubo, será la resistencia de la piedra por centímetro cuadrado.

No todas las piedras se descomponen de la misma manera cuando se las somete á la presión. Las homogéneas, de grano fino, se separan en láminas verticales antes de reducirse á polvo; las blandas se descomponen en pirámides, cuyas bases son las caras del sólido sometido al experimento y cuyos vértices están todos en el centro del cubo, advirtiéndose que las pirámides obran como cuñas.

71. DEFECTOS DE LAS PIEDRAS Y MEDIOS DE SUBSANARLOS.—Los sillares tienen algunas veces incrustados en su masa nódulos ó riñones llamados *gabarros*, ó sean pedacitos de otra clase de piedra, que si son cristalinas toman el nombre de *habas:* los gabarros dificultan la labra y en ciertos casos son defectos y en otros no, según el uso á que se destine la piedra y el tamaño de los mismos así como su adherencia, pues algunos saltan de la masa con el tiempo.

El labrado de la piedra hace saltar también algunos pedazos denominados *tasquiles* y en este caso se suple el hueco producido por medio de mastic, de que se hablará más adelante, ó se vuelven á colocar en su sitio, pegándolos con esta misma mezcla, cuando el tamaño del tasquil es grande y fácil de adherir. Estos remiendos son aceptables solamente en ciertos sitios, pues en otros no deben consentirse de ningún modo y hay que labrar otro sillar.

En ningún caso deben emplearse sillares que tengan pelos ó grietas y menos si éstas contienen tierras ó sustancias de menor dureza que la piedra, porque el menor esfuerzo la abriría, desuniendo la fábrica y comprometiendo su estabilidad. Las que producen los barrenos y son invisibles por el pronto, producen efectos más desastrosos cuando se abren por consecuencia de los esfuerzos á que están sometidas las piedras en las obras, porque entonces es muy difícil su remedio. Se advierte, sin embargo, este defecto golpeando la piedra con un martillo, el cual dará un sonido claro si no tiene pelos y sordo si los tiene.

72. MEDIOS DE PRESERVAR LAS PIEDRAS CONTRA SU DESTRUCCIÓN. — Los procedimientos ideados para preservar las piedras de la acción del tiempo, son varios: el de Fuchs perfeccionado por Kuhlman, consiste en el empleo de vidrio soluble ó sea del silicato de potasa *(a)* disuelto en cuatro ó cinco veces su peso de agua hirviendo que se aplica con una brocha sobre las piedras después de raspadas y limpias para facilitar la penetración ó absorción. En las piedras calizas se aplican unas cuantas manos, lavando con agua común la superficie después de seca y antes de aplicar la siguiente mano. Si la caliza es muy porosa se prepara con una disolución de sulfato de alúmina á 6° Baumé antes de dar la primera mano. Para piedras que no son calizas hay que emplear con la sal citada otra soluble de cal que puede ser el cloruro de calcio, dando primero una disolución de cloruro, después otra de silicato lavando con agua cuando esté seca, cuyas operaciones se repiten en este orden cuantas veces sea necesario para conseguir que la disolución penetre de 5 á 7 centímetros en la piedra. El procedimiento no se aplica más que á los paramentos, dejando intactas las otras caras para que los morteros agarren en ellas, y se procura hacerlo en tiempo húmedo y

---

(a) Se prepara haciendo fundir en un crisol una mezcla de potasa, de cuarzo en polvo y de un poco de carbón.

fresco para que favorezca la acción de este preservativo retardando la desecación.

73. Se ha empleado también como preservativo el vidrio soluble, el cual si bien endurece la piedra introduciéndose la sílice en los poros, en cambio queda la sustancia salitrosa que le sirve de vehículo y Kessler sustituye el silicato con el fluosilicato terroso ó metálico de magnesia, alúmina, cinc ó plomo, cuyas combinaciones con la caliza son insolubles. Este procedimiento se llama de *fluorización* y para aplicarlo á la piedra basta impregnarla con la disolución por medio de una brocha ó de una bomba de pulverización, repitiendo esta operación y aún una tercera mano después que está seca la anterior. Cuando está dura la preparación puede dársele con un asperón para producir una superficie lisa sin poros aparentes.

Una de las propiedades de la fluorización, es hacer resistentes á las heladas todas las piedras heladizas, al contrario de los silicatos alcalinos, que hacen heladizas las piedras que no lo eran antes.

Con este procedimiento pueden colocarse las piedras empleando el negro de humo, el azul Prusia y todos los colores que resisten á los ácidos, los morenos y el amarillo oscuro por los fluosilicatos de hierro y de manganeso; el azul verdoso con los de cobre; el verde gris, con los de cromo; el violeta con los de cobre, seguidos de una impregnación de cianuro amarillo; el amarillo, por los de cinc ó plomo seguidos de una inhibición de cromato y de ácido crómico; los negros, por los de plomo ó de cobre, lavando después con sulfidrato de amoniaco.

74. Otro procedimiento de preservación de los materiales pétreos, consiste en un baño de barita. Una disolución de barita, á cualquier grado de concentración, como es muy fluida, es absorbida fácilmente por las piedras que tienen esta propiedad y en contacto con la caliza forma el carbonato de barita que es insoluble, quedando la cal en libertad, la cual puede ser retirada por el lavado, aunque es mejor dejarla al aire, pues acaba por carbonatarse de nuevo quedando cerrados los poros. Esta acción puede hacerse casi instantáneamente, si después de bañar la piedra con la disolución se la lava con agua que tenga bastante ácido carbónico. Este procedimiento conviene para evitar el salitre que tanto daño hace en los edificios.

Con todos los sistemas de preservación debe tenerse mucho cuidado de cubrir perfectamente las superficies ó paramentos, porque si queda alguna parte descubierta, por ella penetrarán los agentes destructores haciendo inútil el procedimiento.

75. Para hacer impermeables las piedras obstruyendo completamente sus poros, se aconseja un enlucido de un eucástico compuesto de un litro de esencia de petróleo y 75 gramos de cera blanca. Se funde la cera y se aparta del fuego y cuando empieza á enfriarse se agrega poco á poco la esencia, removiendo la masa si se separa demasiado al enfriarse. Para emplear el eucástico se le liquida calentándolo al baño de Maria.

Otro procedimiento consiste en enlucir la superficie de la piedra con parafina ó cera fundida.

Después de éstas operaciones se frota y se bruñe la piedra.

ARTÍCULO III

Productos de barro ó de naturaleza térrea.

76. DENOMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS TÉRREOS.—Mezcladas las tierras con agua ó simplemente humedecidas, pueden amoldarse á las formas que se deseen, y secas después por la exposición al aire, al sol ó al fuego, adquirir una consistencia y una dureza que algunas veces produce chispas golpeándolas con un eslabón. La tierra se sujeta para ello á diversos procedimientos que le dan formas muy variadas y cualidades muy diversas.

Los productos térreos que se emplean más principalmente en la construcción de edificios son los *ladrillos*. De éstos los hay crudos, en cuyo caso se llaman *adobes*, y tienen aplicación en hornos y obras de poca importancia; los demás son cocidos, denominándose *comunes* los que ordinariamente se emplean; *mecánicos* ó *prensados* los que se destinan á obras delicadas ó que están sujetas á grandes resistencias; *huecos*, para los casos en que deban tener poco peso; *flotables*, que sobrenadan en el agua y que pueden servir también contra el fuego, y *refractarios*, para hornillos ó sitios expuestos al fuego.

Siguen luego en importancia para el constructor las *baldosas*, que difieren de los ladrillos comunes en su forma y destino, que es para suelos; los *azulejos*, que son baldosas barnizadas; el *mosaico* y la

terra cotta, para solados y obras de lujo, y las *tejas* que, como es sabido, se emplean en cubrir los edificios.

Como objetos auxiliares se fabrican por el alfarero ó en las fábricas de cerámica, los *tubos*, *caños* ó *arcaduces* para salida de humos ó conducción de aguas; los *platillos* y *sifones* destinados á recibir aguas sucias ó interceptar sus olores, y los muchos objetos de ornamentación, como florones, ménsulas, frisos, cornisas, cresterías, balaustres, etc., etc.

El estudio de la fabricación de toda esta clase de productos con la extensión que exige la importancia que hoy ha adquirido este ramo de la construcción, nos llevaría lejos de nuestro principal objeto ó alargaría demasiado nuestra obra, por lo que nos limitaremos á exponer algunas nociones que nos inicien en este punto.

77. ARCILLAS. — Son resultado de la descomposición de las rocas feldespáticas con mezcla de carbonato cálcico y magnésico, hidratos de óxidos férrico y mangánico, arenas y detritus de varios minerales. Todas son terrosas, blancas ó agrisadas, muy blandas, suaves al tacto, se apegan á la lengua y exhalan un olor especial á tierra mojada. Se dividen en cuatro clases, denominadas *esmécticas*, *plásticas*, *mixtas* y *refractarias*.

La arcilla *plástica* ó de alfarero, cuando pura, es blanco-amarillenta, pero casi siempre se presenta teñida de rojo y otros colores por los óxidos metálicos. Entre las arcillas mixtas están la *greda*, que es una arcilla con arena; el *légamo*, formado de arcilla, caliza, arena, óxidos de hierro con mucha agua y los *ocres amarillo* y *rojo*, que son arcillas teñidas por grandes cantidades de óxido férrico. La arcilla *refractaria* contiene cortas porciones de cal y de hierro, y en cambio está impregnada de materias bituminosas que el calor volatiliza comunicándole porosidad.

Se conoce si una arcilla es caliza, derramando sobre ella unas gotas de ácido nítrico, el cual produce efervescencia cuando la tierra tiene cal.

Las tierras rojas son las más fusibles, luego las rosadas necesitan más fuego para cocerse, y más las plomizas, exigiéndolo mayor ó de más grados cuando son de color gris claro y mucho más cuando tiran á blanco mate, á no ser que contengan cal, magnesia ú otro fundente.

La calidad de un producto térreo depende de la clase de tierra de que está formado y de la perfección de los procedimientos adoptados en su fabricación, y generalmente se mezclan entre sí muchas tierras de naturalezas diferentes, á fin de obtener ventajas que no se tendrían empleando sólo una clase, pues hay tierras tan enérgicas que se agrietean cuando empiezan á secarse y aun en el horno, y otras que exigen la mezcla de otra clase para que sean más fáciles de cocer.

78. PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN. — La tierra se amasa con la adición de agua que es el método más generalmente usado por ser el que exige menores trabajos y auxiliares mecánicos menos poderosos. Se moldea á mano, se seca al aire libre y se cuece en hornos rudimentarios. Pero las inclemencias del tiempo impiden la fabricación en invierno y la maquinaria empezó por facilitar las operaciones con su amasado y moldeado mecánicos hasta darnos el producto formado en disposición de cocerlo. Ha llegado más adelante la industria, y sin necesidad del amasado, tritura las tierras escogidas ó mezcladas de antemano hasta reducirlas, si se quiere, á polvo impalpable, entregándonos unos productos finísimos, que son más ó menos duros ó resistentes, según la calidad de las tierras empleadas y el grado de calor á que se exponen en el horno.

De todos modos, y sea cualquiera el procedimiento empleado en la fabricación, el producto ha de secarse lentamente á fin de que la contracción no sea brusca y se efectúe sin ocasionar grietas, entrando en el horno en disposición de recibir gradualmente el calor, debiendo tenerse presente que las tierras se contraen al secarse y más al cocerse, y que, por lo tanto, los moldes deben ser de mayores dimensiones que el objeto que se desea.

79. ADOBES. — Son el producto más grosero de esta clase de material, como formados que son de barro secado al sol: se les da generalmente la figura de paralelepípedos rectangulares de 40 á 60 centímetros de longitud, 20 á 40 de anchura y un grueso de 10 á 15.

Los adobes son muy empleados en construcciones rústicas, en macizos de grandes fábricas donde escasea el combustible y en puntos expuestos al fuego. En los climas cálidos, como una gran parte de nuestro país, los adobes adquieren una gran dureza y más si se los preserva, por medio de revocos, de la acción de las lluvias y aguavientos, que son los agentes que los destruyen desmoronándolos.

Antiguamente fueron muy usados y de ello pre-

sentan notables ejemplos algunos monumentos egipcios y las ruinas de lo que se cree fué la torre de Babel. En España está su uso muy generalizado.

80. Todas las tierras sirven para la formación de esta clase de obra, agregando á unas arena y á otras arcilla y á casi todas una tercera ó cuarta parte de paja, estiércol ó tamo para evitar que al secarse se agrieteen y deformen, lo que sino sucedería por su mucho grueso.

El amasado de la tierra mezclada se verifica con azadas, rastrillos, palas ú otras herramientas por el estilo, ó con los piés ó manos, y mejor pisándolas las caballerías cuando la mezcla es en gran cantidad, hasta que por la viscosidad del barro se conoce que está en punto, en cuyo caso se la deja reposar dos ó tres días para que se repudra, lo que mejora notablemente las condiciones del barro.

Preparada la pasta de este modo, pueden hacerse los adobes por tres métodos distintos. El más rudimentario se reduce á extender el barro en una era plana de manera que forme una capa ó torta de espesor uniforme igual al grueso que ha de tener el adobe, la cual se corta á cuadros del ancho y largo del mismo cuando empieza á secarse, empleando para ello un cuchillo fuerte ó una hoz. El otro método que proporciona adobes más regularizados consiste en colocar de canto y paralelas en la misma era dos tablas ó listones que den en su altura el grueso del adobe y cuya separación sea el ancho del mismo; el barro se extiende entre ellas por igual, quitando el excedente con las manos ó con una rasera de tabla, y cuando se ha terminado de rellenar esta especie de canal, se quita una de las tablas y se coloca paralelamente á la otra para formar con ella otra canal que se rellena igualmente de barro, continuando así hasta llenar la era de fajas paralelas de barro del mismo grueso y ancho del adobe, separadas por el grueso de las tablas: se cortan luego á la medida del largo del adobe cuando se empiezan á secar. El tercer método emplea *moldes ó gaberas* formados con tablas ensambladas á escuadra que den las dimensiones del adobe, los cuales se rellenan de barro, igualándolo con las manos como en el método anterior. Se saca el molde con cuidado y se coloca al lado para repetir la operación hasta cubrir la era. Para los tres métodos se extiende en la era arena, ceniza ó polvos de tierra seca para que el barro no se agarre al suelo, y cuando tienen alguna consistencia se colocan de canto para que se oreen y sequen bien al sol, lo cual conseguido, se apilan para dejar desembarazada la era y poder hacer en ella más adobes.

81. LADRILLOS COMUNES DE CONSTRUCCIÓN. — Los ordinarios y más usados son los que tienen la forma de un paralelepípedo en donde la longitud es doble de la anchura más el grueso de la junta de mortero que se ha de interponer en la obra: el grueso varía entre el sexto y el octavo de la longitud, y cuando ha de emplearse en bóvedas se les da más grueso por un lado que por otro. También se hacen para este fin en figura de dovela, según indica la *fig. 20.* Además de estas formas, las diferentes exigencias de la ornamentación obligan á hacerlos circulares, octogonales, etc., para columnas ó pilastras, en forma de cuarto bocel, talón, etc., por sus cantos para molduras ó cornisas y de otras figuras para diversos destinos, todos ellos con arreglo á plantillas que fijan su contorno, por lo que se denominan *aplantillados*.

Entre los ladrillos comunes, el de más esmerada fabricación, bien moldeado y perfilado, hecho de pasta muy pura y apretada, se denomina *fino* y tiene por lo general un rebajo en sus caras mayores, denominándose entonces *de poco tendel*.

El uso del ladrillo cocido es muy antiguo y general, aun donde abunda la piedra, porque resiste bien al fuego y á las heladas y se presta por sus formas y tamaños á toda clase de obras. En su empleo debe tenerse presente que absorbe agua en la proporción de 60 á 325 litros por metro cúbico.

82. FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS. — Por todas partes, la naturaleza presenta tierras más ó menos buenas para fabricar ladrillos. Según Paladio debe ser gredosa, blanquecina y correosa. Ha de buscarse que sea suave al tacto, que humedecida ceda á la impresión de los dedos sin abrirse, de modo que pueda tomar todas las formas que se deseen.

Si la tierra es muy arcillosa, ofrece el inconveniente de que se agrietea y se deforma con facilidad, disminuyendo considerablemente de volumen al cocerla, y si, por el contrario, es muy arenosa, le falta la cohesión necesaria, absorbe mucho la humedad, es muy porosa y no puede, por lo tanto, conseguirse con ella una pasta compacta y homogénea. Debe, por lo tanto, buscarse un término medio entre ambas clases, siendo las que reunen esta circunstancia casi todas las tierras magras, mientras no contengan sustancias extrañas perjudi-

ciales, especialmente fragmentos de piedra caliza, puesto que por la cocción se convierten en *caliches* ó en cal, y al exponer los ladrillos al aire y mucho más al colocarlos en obra, se humedecen, y entonces la cal aumenta de volumen haciéndolos estallar.

Si la tierra no tiene las condiciones necesarias, puede suplirse con el arte pulverizando bien la tierra y mezclándole la arena en la proporción que determinen los ensayos que deben hacerse en cada caso. Lo mismo puede hacerse cuando la tierra es poco conocida ó no ha sido empleada en la localidad para hacer ladrillos.

El ensayo se reduce á hacer uno ó dos ladrillos, secándolos y cociéndolos después, en un horno de alfarero ó hecho á propósito de pequeñas dimensiones. Extraido del horno se examina cuidadosamente observando si ha conservado las formas dadas y lo que ha disminuido de volumen, para en su consecuencia dar al molde el aumento correspondiente. Mojado en agua se notarán los efectos que produce en él y se harán todas las demás observaciones que se crean conducentes para asegurarse de la calidad del producto.

83. Antes de procederse á ninguna operación, se prepara la tierra que ha de servir para fabricar ladrillos exponiéndola por algún tiempo á la intemperie, con el objeto de que se pulverice, sean lavadas y arrastradas por las lluvias las materias solubles y perjudiciales y se descompongan las partes pétreas que contengan. Por esto, en las ladrillerías y tejares, se acostumbran á extraer las tierras en el otoño y se dejan durante todo el invierno expuestas á la intemperie. Si precisa hacerlo en el invierno debe cubrirse y espolvorearse con arena fina; si en el verano, con paja.

Pulverizada la tierra, se procede á hacer con ella una masa por medio de la adición de agua, batiéndola bien con azadas, palas, batideras *(fig.ª 21)* y hasta con los piés para que forme liga y sea una mezcla suave, pegajosa y unida. Se emplean también para esta operación máquinas *amasaderas*, cuya sencillez es muy grande. Consisten en un dornajo cuadrado ó cilíndrico, que representa en sección vertical la *fig. 22*, en cuyo centro gira un eje vertical armado de unas aspas dispuestas en hélice. Por la parte superior de este dornajo se echa la mezcla amasada groseramente y por una abertura inferior *S* sale ya el barro batido en disposición de ir á los moldes. El movimiento se efectúa por medio de una armadura á la que se aplica una caballería. El empleo de las amasaderas está limitado á los casos en que los ladrillos son necesarios en gran cantidad y no puede facilitarlos el trabajo de los operarios que hacen tanto material como aquéllas.

El molde *(gradilla ó gabera)* para dar al barro la forma de ladrillo, ha de tener los creces necesarios para precaver la contracción durante la cochura. Para efectuar el moldeado, el ladrillero ú obrero que hace los ladrillos coloca el molde sobre una mesa dispuesta en pendiente en la cual se ha extendido de antemano arena ó tierra seca; llena con barro el molde apretándolo con los dedos para que lo ocupe bien, y quita lo sobrante con una rasera rozando por los bordes del molde para dejar lisa la superficie. Luego se pasa un cuchillo por los cantos para despegar la masa del molde y se arrastra finalmente todo por la mesa para dejarlo colocado en una tablilla que un muchacho tiene en la mano y que transporta á la era, donde lo deja de plano sacando con cuidado el molde, si es que el ladrillero no lo ha hecho ya. Se moldean también en el mismo suelo de la era, como se ha dicho respecto de los adobes (80), y cuando se quiere que tengan una depresión en sus caras *(fig.ª 23)*, resultando de poco tendel (81), se coloca en el fondo de la gradilla una tabla del grueso que se quiere el rebajo, dándole menores dimensiones que al fondo de dicha gradilla, para que el ladrillo tenga en sus cantos el grueso que da la gabera.

Cuando los ladrillos han adquirido alguna consistencia, se les levanta y coloca de canto, y cuando ya están algo secos se les apila cubriéndolos con teja, ladrillo cocido ó paja, si es que no hay cobertizo, con el objeto de librarlos, tanto de las lluvias que los desharían, como de los calores fuertes que los resquebrajarían.

84. La cochura del ladrillo puede hacerse ó al aire libre ó en hornos.

Para el primer sistema, cuyo combustible ha de ser hulla ó paja, se apilan mezclados el combustible y los ladrillos, formando un rectángulo en su base y cercándolo por los mismos ladrillos; para lo que, según están más hacia fuera, se colocan más juntos unos de otros.

En el segundo sistema, empleado donde el combustible es leña, se cuecen los ladrillos en hornos que por lo regular son de cuatro paredes formando planta cuadrada, aunque no es la mejor para apro-

vechar el calor. Estas paredes se abrigan, sea haciendo el horno enterrado en una excavación, sea terraplenándole los costados. En la parte inferior hay una cámara que sirve de hogar para quemar la leña, con una abertura para introducirla. Este hogar está cubierto de arcos á menor distancia que el largo del ladrillo para colocar la primera hilada y luego las siguientes sobre ella en sentido normal, dejando primero algún espacio entre los ladrillos y juntándolos luego alrededor de las paredes para que éstas no sufran, y en la parte superior con el objeto de reconcentrar el calor. Al cargar el horno deben dejarse entre los mismos ladrillos ciertas chimeneas ó respiraderos para establecer tiro en la combustión. La puerta de entrada ó portillo de carga se tapa con barro y lo mismo la última cara superior de ladrillo.

Cuando han de cocerse piezas de diferentes tamaños, deben colocarse las mayores en la parte inferior, dejando las más ligeras para arriba, pues que son las que menor calor necesitan.

El fuego empieza antes de terminar la carga, siendo flojo al principio para templar la hornada y continuando más ó menos tiempo según sea la capacidad del horno y más ó menos fuertes las tierras. Se sigue dando poco á poco la intensidad necesaria hasta que la llama sale por arriba blanquecina y sin humo, en cuyo caso debe cesar el fuego y taparse todas las salidas para no desperdiciar calor, dejando todo en este estado el tiempo que tarde en enfriarse para extraerlo, cuya operación no debe adelantarse porque se echa á perder el ladrillo.

El material de que se construyen los hornos es el adobe sentado con barro, que resiste mejor que el ladrillo cocido la acción del fuego. Aun así, el revestimiento interior ó sea la *camisa* necesita reparaciones contínuas. Antes de hacer uso de un horno recien construido ha de dejarse secar muy lentamente y hacer lo mismo al encenderlo.

85. No todos los ladrillos de una hornada salen igualmente cocidos. Los más próximos al fuego, quedan demasiado cocidos, por lo que se les llama *recochos*, estando además deformados, agrieteados y aun vitrificados. Los que se hallan lejos del hogar salen crudos y se llaman *porteros*, presentando muy poca resistencia.

Los que salen vitrificados no sirven para construcción de paredes ó bóvedas, pero sí para pavimentos y para sitios húmedos. Se les llama *azules ó de hierro*, por el color que tienen. En Inglaterra se fabrican dándoles grandes dimensiones: 60 centímetros y más.

86. CONDICIONES Á QUE HAN DE SATISFACER LOS LADRILLOS.—Por lo que se acaba de decir, se comprende que los ladrillos para ser buenos, han de proceder del centro del horno, distinguiéndose de los otros por su color sonrosado y su sonido claro y campanil cuando se les da con un hierro ó se chocan unos con otros.

Han de ser además de superficie dura, resistir sin descomponerse al frío y al calor y ofrecer en su fractura un grano fino y homogéneo, sin oquedades ó sustancias extrañas especialmente calizas.

Deben tener regularidad de formas, ser bien perfilados y de espesor uniforme y de igual coloración si han de quedar al descubierto, á no ser que la diferencia de tonos haya de constituir una parte de la decoración. Otra condición muy conveniente ó necesaria, según los casos, es que puedan ser cortados del tamaño que se necesite al ponerlos en obra.

El ladrillo usado ya, debe preferirse porque presenta la garantía del empleo anterior. Los áticos tenian dispuesto que el magistrado no permitiera el uso de los ladrillos sino hacía cinco años que estaban fabricados.

87. LADRILLO POROSO.—Como una variedad del ladrillo ordinario, está el *poroso*, que se fabrica con un cuerpo combustible mezclado al barro: se emplea para ello el carbón, el corcho, el aserrín, la paja cortada, etc. Salen más económicos que los ordinarios, donde el combustible está caro, porque necesitan menos fuego pues arde el combustible, teniendo la ventaja de que se cuecen por igual y resultan muy ligeros por los muchos huecos que resultan de la combustión de las sustancias mezcladas á la masa terrosa: además no se agrietean y si el aserrín es de corcho ó éste está pulverizado, en lo que pueden aprovecharse los desperdicios de la corcha, el ladrillo resulta todavía más ligero. Se les da más consistencia agregando á la mezcla una parte de cal. Unos y otros ladrillos son malos conductores del calórico y pueden tener ventajosa aplicación en ciertos casos, especialmente en pisos y en tabiques.

88. LADRILLOS DE TIERRAS PRENSADAS.—Tal como se encuentra la tierra en la naturaleza, puede servir para la fabricación de ladrillo, supliendo con la prensadura la liga que les proporciona el amasado. Rara vez, sin embargo, se en-

cuentra libre de piedras, especialmente calizas que con el cocido se conviertan en cal, y que, como se ha dicho (82), aumentan de volumen al humedecerse en las obras, haciendo pedazos el ladrillo; y como además los terrenos, en su formación por capas, se penetran difícil ó incompletamente, hay necesidad de desmenuzar ó triturar las tierras, tanto más cuanto más fino se quiera el ladrillo.

Para los comunes basta reducir las tierras á polvo grosero, en cuya operación pierden la humedad y hay que proporcionársela rociándolas con agua para que entren en el molde algo húmedas.

89. La fabricación se efectúa en máquinas-prensas, en cuyos moldes se echa la tierra y se comprime, saliendo el ladrillo formado con esta simple operación, dotado de la consistencia necesaria para poderlo transportar á los secaderos donde pierdan casi toda la humedad y que puedan meterse en los hornos para su cochura, la cual se verifica en las mismas condiciones y del mismo modo que la de los ladrillos amasados.

90. LADRILLOS MECÁNICOS.—Con objeto de dar mayor resistencia, compacidad y dureza á los ladrillos, se comprimen ó prensan durante la desecación y mientras conservan la suficiente blandura para no abrirse. Se efectúa esta operación por medio de prensas ideadas á propósito, parecidas una á las antiguas de viga de los molinos de aceite y otras á las actuales, más ó menos modificadas; y cuando no se quiere ó no conviene acudir á ellas, se golpean con una pala de madera para hacerlos más compactos y también se colocan (cuando todavía está la masa blanda) en cajas ó moldes, sobre los que se pone una tabla para recibir el golpe de un pisón que los comprime.

91. La fabricación de estos ladrillos, así como de los demás productos de barro, constituye hoy el objeto de las fábricas de cerámica, en las que hay máquinas donde basta echar el barro amasado á brazo ó en amasadoras á propósito, para que salga el ladrillo prensado de la forma que se desee y con las aristas tan vivas como se exije para una obra delicada de agramilado, que en su lugar se describirá. La máquina recibe la masa, forma el ladrillo, apartando ó separando el barro sobrante y presenta la obra acabada, perfectamente perfilada y prensada. Con otras máquinas se ciernen, lavan y quebrantan ó trituran las tierras, de modo que pueden emplearse de todas clases, aunque contengan arena, cal, piedra, etc., pues que pulverizadas y mezcladas no pueden producir los malos efectos que con el cocido resultan (82).

Otras máquinas hay en las que la tierra una vez preparada, se la hace pasar por la hilera ó se la comprime en moldes. Por el primer medio se consigue más rapidez y economía en la ejecución que por el moldeado, pero no tienen la misma aptitud. Esto consiste en que la tierra toma bajo la acción del laminador una contestura fibrosa como la de la madera y por lo tanto, si el esfuerzo á que ha de someterse es perpendicular á las fibras, se efectúa una reunión de éstas; más si es paralelo, hay dispersión de la resistencia de estas fibras. Resulta, pués, que hay piezas cuyo destino y forma permiten sin inconveniente que sean pasadas por el laminador, pero otras no serán de una aplicación bien entendida si no se obtienen por el moldeado, lo cual da á la tierra una resistencia más grande y un estado de agregación uniforme, además de que con él se reproduce la forma con más limpieza.

Los moldes son generalmente de fundición y muchas veces de yeso, que aunque más costosos, son indispensables con las tierras amasadas, porque absorben la humedad sobrante.

Los ladrillos de esta manera fabricados, además de tener sus formas regulares, resultan de un color y resistencia uniformes, facilitando la ejecución de labores y adornos en las paredes.

La fábrica de Madrid «La Cerámica Madrileña», dedicada á la obtención de ladrillos, baldosas y tejas, prepara las tierras en dos balsas, desde las cuales pasan por medio de una tela sin fin á los cilindros laminadores y de éstos á los granuladores donde la tierra se presenta en forma cilíndrica. En este estado, se pasa á la máquina horizontal galletera ó de torta, donde por un sistema automático se forman los panes ó planchas, se cortan á diferente medida con cambio de boquilla y se lubrifican con petróleo, quedando con superficies compactas y finas. Los moldes son metálicos y de gran resistencia para las fuertes presiones que debe sufrir la tierra, lo cual da un producto fino en extremo.

El horno, de fuego contínuo, sistema Hoffman, es de forma oblonga, con diez y seis compartimientos capaz cada uno de contener 10.000 piezas; está encerrado en un cuerpo de edificio, donde hay establecidos, al nivel superior del horno, grandes secaderos para aprovechar el calor perdido del horno, el cual sirve de calorífero. Este espacio tiene gran

número de vidrieras para facilitar la ventilación y una estantería convenientemente dispuesta en que la obra grande queda en la parte baja. De este modo se puede trabajar todo el año y la obra, cuando seca, se entra pronto y con facilidad en el horno.

92. LADRILLOS HUECOS. — La alfarería ha proporcionado hasta hoy los ladrillos huecos ó mejor dicho cacharros, que en algunas obras, especialmente en bóvedas, se han aplicado cuando se han querido aligerar las construcciones, se han deseado pisos sordos ó se ha procurado evitar la humedad. Hoy las fábricas de cerámica dedicadas á producir objetos de barro, los proporcionan de formas regulares y adecuadas á destinos varios. Son más económicos que los ordinarios donde escasea la arcilla ó la leña ó hay que transportarlas á grandes distancias puesto que necesitan menos material, se cuecen con más facilidad por esto mismo y cuesta menos su trasporte por su menor peso.

Además de las varias formas que más adelante se indicarán para satisfacer las exigencias de las obras, se hacen los ladrillos huecos *(fig. 23)*, unos con un rebajo en el centro de sus caras mayores, como se indica en *a*, ó con cavidades generalmente rectangulares, sea en sentido perpendicular á las mismas caras mayores *b*, *b*, á las menores *c*, *c*, Su forma exterior como se ve, es la de los ladrillos ordinarios y lo mismo sucede con sus dimensiones generales para que puedan combinarse con ellos. Se hacen cacharros ó *botes* de barro de forma cilíndrica ó prismática, que tienen poco grueso, y por lo tanto, son muy ligeros, empleándose en el forjado de suelos.

Con el nombre de *vagones* y para subida de humos de las chimeneas, dentro del espesor de las paredes, se fabrican ladrillos huecos *(figs. 24* y *25)*, que tienen rugosas y estriadas las caras exteriores, para su mayor sujeción y presentan redondeados sus ángulos interiores. Tienen de 14 á 35 centímetros de longitud, por unos 23 de ancho y de 16 á 25 de altura.

La resistencia de estas clases de ladrillos, es mayor paralelamente á la dirección de los huecos que en sentido normal. En una misma cantidad de materia, la forma tubular es más sólida que la maciza, se cuecen más regularmente y á igualdad de volumen, son preferibles los que tienen muchos huecos de pequeña sección á los de pocos huecos con mayor sección, tanto porque se cuecen mejor cuanto porque se introduce menos mortero en las cavidades.

93. LADRILLOS FLOTABLES Ó INSUMERGIBLES. — Son, como sea ha dicho, los que sobrenadan en el agua por su poco peso y están construídos de sustancias á propósito para ello. Los antiguos los han conocido y usado en la Edad Media, creyéndose que la cúpula de Santa Sofía (Constantinopla) está construída con este material.

La tierra para fabricar esta clase de ladrillo es muy rara. Fabroni, sin embargo, ha ensayado fabricarlos con una sustancia mineral llamada agarico mineral ó harina fósil. Cuando se moja esta sustancia, produce un ligero humo blanquecino, no hace efervescencia con los ácidos y es infusible al calor más fuerte: pierde $^1/_8$ de su peso sin disminuir sensiblemente de volumen. Los fabricados por Fabroni pesan menos que el agua. Tienen la cualidad de unirse bien á todos los morteros y no los altera ni el frío ni el calor. Como esta sustancia talquense es friable, para disminuir la dificultad de la fabricación dándole la ductilidad necesaria, Fabroni la mezcló con $^1/_3$ de arcilla. Esta adición de una sustancia más pesada que el agua, ha de ser tal que no quite al ladrillo la propiedad de ser insumergible.

Su ligereza é infusibilidad á la más alta temperatura los hacen preciosos para los hornos de reverbero. Es tan mala conductora del calórico que se puede tener por un extremo en una mano aunque el otro esté rojo de calor.

94. LADRILLOS REFRACTARIOS.—Aunque no existe en la naturaleza ninguna materia completamente refractaria al calor, hay unas que lo son más que otras y los ladrillos que con ellas se forman se apellidan *refractarios ó incombustibles* por resistir más que otros á la acción del fuego y se destinan á hornillos, hornos y demás sitios que han de sufrir una alta temperatura. Aun empleando esta clase de material, se tienen que renovar con frecuencia.

Las arcillas más á propósito son las que contienen solamente sílice y alúmina en combinación, hallándose libres de yeso, piritas enteras ó descompuestas, hierro oligisto terroso y granos ó polvo de cal ó carbonato de cal. Generalmente son blancas ó de color gris muy claro á no tener algo de carbón, el cual les da un tinte negruzco.

Varias son las clases de ladrillos refractarios que se producen hoy por la industria, diferenciándose en las mezclas de que se componen. En ellas en-

tran el pedernal, el cuarzo ó sílice, la alúmina, las arcillas plásticas puras cocidas y reducidas á polvo, que reciben el nombre de cimentos, la plombagina y las cenizas completamente quemadas. Según es la proporción en que entran estas materias, los ladrillos son medianamente refractarios, refractarios simplemente y eminentemente refractarios.

La plasticidad y pureza de las arcillas que sirven de base, es únicamente lo que los hace de superior ó inferior calidad, porque según la parte de cimento ó mezcla que admitan, así mejora ó empeora su calidad. Generalmente admiten un 50 por 100 los inferiores, 60 por 100 los medianos y hasta 75 por 100 los superiores.

En Inglaterra se construyen de dos clases: unos duros, compuestos de ladrillo ordinario reducido á polvo y amasado de nuevo con igual cantidad de arcilla refractaria, y otros blandos, de menores dimensiones, compuestos de arena cimentada y una pequeña parte de tierra arcillosa. Estos últimos se emplean donde el calor es muy grande, como en los hornos de reverbero y en sitios no expuestos á golpes ni concusiones. Después de haber sufrido un gran calor se endurecen extraordinariamente.

El Ingeniero Valdés refiere que en Manila se hicieron con buen éxito ladrillos refractarios para hornillos económicos de sus cuarteles y hornos de fundición, con partes iguales de carbón vegetal, yeso, polvos de porcelana y polvos de la piedra de Angona. Para los tubos de hornillos de fundición basta mezclar por partes iguales el yeso y los polvos de porcelana.

95. BALDOSAS Y BALDOSINES.—Tanto unos como otros son láminas ó planchas de barro de poco espesor y de figura cuadrada por lo general, distinguiéndose con el nombre de *baldosas* ó *maxaris* los que se hacen como los ladrillos comunes, aunque con barro un poco más fino, y con el de *baldosines* las fabricadas con arcillas más puras y por procedimientos más perfeccionados que las presentan compactas y lisas, no absorbiendo más de 20 litros de agua por metro cúbico en veinticuatro horas.

La figura y tamaño de estos productos son tan varios como el gusto del fabricante ó constructor al formar los dibujos que ha de presentar su colocación. Así se fabrican de la figura de ladrillos, en cuyo caso se llaman *rasillas*, cuadrados, triangulares, romboidales y de las demás figuras geométricas cuya combinación se presta á infinidad de dibujos.

Los baldosines se denominan *comunes* cuando se hacen con arcilla sola; *grabados* ó *estampados*, si tienen relieves en su cara vista; *de colores*, cuando se emplean en su confección materias colorantes; *incrustados*, los que además de ser grabados tienen rellenos los rehundidos con tierras de varios colores. Cuando tienen un baño de barniz toman el nombre de *azulejos*, de que más adelante se hablará.

96. FABRICACIÓN DE LOS BALDOSINES.—La tierra debe ser arcilla fina muy pura con poca arena y sin restos orgánicos que en la cochura desaparecen dejando oquedades de muy mal efecto á la vista y que perjudican á su duración. La arcilla generalmente adoptada es bastante untuosa, se adhiere fácilmente á la lengua y hace pasta más ó menos sólida; el color es vario: gris, amarillento ó ceniciento, amarillo oscuro y de ocre.

97. La fabricación de la baldosa fina ó baldosín exige un gran esmero. La arcilla se ha de trasegar de unos á otros noques ó depósitos y se ha de amasar y batir bien hasta darle la correosidad y blandura de la cera.

Sobre un molde de mayores dimensiones que la baldosa y parecido al de los ladrillos, se da á la pasta la forma de una tabla y cuando ha adquirido alguna consistencia se la bate con una paleta de madera dura ó bruñidor cilíndrico de cristal ó por medio de un molde de presión en una máquina, haciendo esto sobre una superficie áspera para que resulte así la cara que ha de servir de lecho y se ha de adherir al mortero en la obra, ó sobre un molde con cuadrículas ó labores rehundidas para que resulten partes salientes.

Conseguida una cara lisa se le da una vuelta sobre un plano también muy liso y limpio; y con un *patrón* de tabla ó plancha de hierro, cortado según la figura que ha de tener la baldosa, y por medio de un cuchillo, se corta la pasta para conseguir la figura que se desee. El patrón debe llevar unas puntas ó clavillos para que se claven en la pasta y no se mueva durante el corte ó perfilado.

El grabado ó estampación de las baldosas se practica cuando se fabrican, comprimiendo en el mismo molde ó antes de que tome consistencia el barro, con una plancha de metal ó madera que tenga el relieve ó saliente que se desee estampar en la baldosa.

Si se quieren baldosas incrustadas se rellena el hueco de la anterior operación con una papilla es-

pesa de barro del color conveniente, pero que sea de la misma clase, para que al cocerse la baldosa se contraiga como la pasta de ésta y no resulten independientes separándose. Esta operación exige cierto cuidado y práctica, pues si la papilla está muy clara puede perderse la pieza por humedecerse demasiado.

La buena baldosa debe tener sus aristas vivas, ha de ser ligera, consistente, de una superficie lisa y dura y de un sonido claro y campanil.

98. COLORACIÓN DE LAS BALDOSAS. — La coloración de las baldosas se consigue eligiendo la arcilla que dé el color que se desee, y si ésta escasea se les puede dar un baño de ella por la superficie, haciendo lo restante de otra clase de arcilla.

Se da un color gris á las baldosas, introduciendo en el horno á mitad de cochura cierta cantidad de leña verde y húmeda y cerrando por algún tiempo todas las salidas, con lo que se consigue que el humo producido por la leña verde penetre por todos los poros de la baldosa y le dé el color gris que se apetece.

Los colores abigarrados se consiguen mezclándolos en desorden y frotando con ellos las baldosas ó sumergiéndolas en la mezcla.

99. AZULEJOS. — Son, como se ha indicado (95), unas baldosas finas á las que se da un barniz ó esmalte, pintándose ó no de varios colores ó de uno solo. Los hay *lisos* — blancos ó de color — y de *raqueta* ó de *relieve* ó *cuadrícula* incrustados de esmalte.

Su uso, que antiguamente se extendía en España á los pavimentos, se reduce hoy á los sitios en que la limpieza ó aseo sea una condición indispensable, como cocinas, fregaderos, retretes, cuartos de baño, mataderos, etc., etc. Su belleza y la variedad de dibujos y colores contribuyen en algunos casos á hermosear las habitaciones cubriendo las paredes hasta cierta altura, y también las fachadas de algunos edificios.

100. FABRICACIÓN DE AZULEJOS. — El barro para azulejos es el mismo que para las baldosas finas ó baldosines y su preparación es la misma, sin más diferencia que la mayor perfección en el bruñido y que las planchas de barro se condensan más y más por medio de las paletas de madera, para que la pasta adquiera más homogeneidad y lisura antes de acabarse de secar y cuando todavía conserva la suficiente elasticidad.

Se hacen también los azulejos con la arcilla en polvo, empleando las prensas ó máquinas de volante ó monetarias que se mueven á mano.

101. Cuando han de quedar blancos ó de un color los azulejos, se sumergen en la tina donde está preparado el barniz ó esmalte, de manera que no se cubra con él más que la cara de encima, á cuya operación se llama *enjalbegado* ó *engobe:* el barro ha de tener la dureza conveniente; es decir, que ha de hallarse en sazón, como dicen los prácticos. Si se han de pintar los azulejos, se aplica sobre la capa anterior el color conveniente por medio de un pincel.

El barniz ó esmalte blanco se prepara con 18 á 23 partes de óxido de estaño por 77 á 82 de sulfato ú óxido de plomo, llamado alcohol de alfareros, que se calcinan en un horno de reverbero, resultando de la mezcla un polvo amarillento que toma el nombre de *calcina.* Se toman después 45 partes de esta mezcla, otro tanto de cuarzo, tres de sosa ó lossa de Alicante y cinco de sal marina, que se reduce á tres partes, sustituyendo las otras dos con minio, cuando se le quiere dar al blanco un matiz rojizo, y se recuecen en el fondo del horno. Si la arena ó cuarzo fuese difícil de fundir, se aumenta algo el fundente para conseguir la fusión, la cual se efectúa de los 60 á 70 grados del pirómetro de Vedgwod. El barniz fundido de este modo se muele bien y afina luego con agua, para que sea la mezcla íntima, pues de lo contrario no daría el resultado que se apetece.

Los colores se hacen mezclando: para el amarillo, 91 partes del esmalte blanco con 9 de amarillo de Nápolés; para el verde puro, 95 del primero y 5 de batidura de protóxido de cobre; para el verde pistache, 94 de barniz, 4 de protóxido de cobre y 2 de amarillo de Nápoles; para el color violeta, 96 partes del esmalte y 4 de peróxido de manganeso, y para el azul, 95 de esmalte y 5 de óxido de cobalto claro.

102. Bañados los azulejos con el barniz ó esmalte y pintados cuando esto se desea, se cuecen en hornos á propósito para vitrificar el esmalte, haciéndolo de manera que la acción de la llama no sea directa, ni el humo ensucie el barniz. Al colocarlos en el horno, hay que tener cuidado de que no se toquen unos á otros por la parte que ha de quedar esmaltada, porque si esto sucede se pegan y se estropea, por lo tanto, el esmalte al separarlos.

103. Para los azulejos de raqueta, se hacen las

incrustaciones como en las baldosas, quedando el barniz ó esmalte resguardado ó limitado por unos nervios salientes que se hacen en la pasta al prensarlos, para cuyo objeto tienen los moldes las correspondientes ranuras ó rehundidos, indicando con su dibujo la separación de los diferentes colores. La incrustación se verifica vertiendo en vez de la papilla que se ha indicado para las baldosas, el barniz del color correspondiente en las partes rehundidas del azulejo, para que los nervios queden sin barnizar.

También se fabrican azulejos de porcelana mate, incrustadas y esmaltadas de brillantes colores, presentando mayor lujo y belleza que los antiguos.

104. PIROGRANITO.—Con este nombre se fabrica una piedra artificial de gran dureza. Se hace la mezcla con arcilla roja común y arcilla refractaria que se reducen á polvo fino y se tamiza. Luego de amasada se moldea por presión enérgica dentro de moldes de hierro colado y después se somete á una temperatura elevadísima en hornos á propósito, hasta que se funde, formando una masa compacta y homogénea, sin pelos, grietas ni huecos y de un color que varía del pardo claro al negro.

105. MOSÁICO Y TERRA COTTA. — Las pequeñas baldosas ó baldosines, de brillantes colores y dureza tan extraordinaria que se conocen con el nombre de *mosáico*, no son más que productos de arcillas especiales reducidas á polvo impalpable y que por la presión y el cocido toman su forma y consistencia. Afectan, como se sabe, figuras geométricas variadas, de una gran exactitud para que su combinación presente una obra verdadera de arte.

La trituración y molido de la arcilla, se verifica en molinos como los de harina ó parecidos y el moldeado en prensas ó timbres; la cocción se hace en hornos especiales y este conjunto de operaciones complicadas, constituyen una fabricación tan importante, que resulta ajena á nuestro libro.

106. Otro tanto decimos del producto conocido con el nombre de *terra cotta*, de la cual se hacen ladrillos ó mejor dicho, sillares más ligeros que los de piedra natural y que como producidos en moldes, afectan las molduras ó adornos que se desean. La calidad de las arcillas con que se fabrican y el esmero en su cochura, aumentan considerablemente su resistencia, presentando á la vez un notable aspecto, por cuyas condiciones han tenido gran aplicación en el palacio de South-Kensington en Londres.

107. TEJAS.—Diversas son las formas que se pueden dar á las tejas, como diversos son los procedimientos que se emplean para obtenerlas. Las más sencillas, hechas hasta hoy á mano, son las *curvas ó árabes*, muy empleadas en España, las de *doble inflexión* ó sea de sección S, las *planas (figura 26)* que están muy en boga en Francia y las combinaciones de planas y curvas ideadas por Bruyere *(figs. 27, 28* y *29)*. Como tejas para casos especiales, se han fabricado entre otras, la representada en la *fig. 30*, empleada en los caballetes ó cumbres de los tejados.

Con objeto de que no sobrecarguen las techumbres, se ha buscado hacerlas lo más delgadas posible, que solapen poco unas á otras y al mismo tiempo que escurran con facilidad las aguas, y entre las más sencillas están las de la *fig. 31*, empleadas en el hospital militar de Carabanchel, que son planas, de figura trapezoidal con rebordes en sus lados no paralelos, siendo más anchas las que han de servir de canales, las cuales tienen en su cara inferior dos pitones *P, P*, para sujetarlas en el enlatado ó listones de la armadura. En Valencia se fabrican ideadas por Piñón, las representadas en sección de la *fig. 32*, donde se combinan la teja plana para canal y la curva para cobija.

Se hacen también cilíndricas con rebordes en sus extremidades *(fig. 33)*, dispuestas de manera que encajen las superiores en las inferiores, solapándolas en muy pequeña longitud.

En Madrid se han empleado tejas cuadradas *(figura 34)*, con rebordes en cada dos lados adyacentes de sus caras opuestas, y análogas á éstas se han fabricado en el extranjero en forma de escamas *(figs. 35, 36* y *37.)*

Modernamente idearon los hermanos Galardoni, las tejas que después se han perfeccionado y se emplean mucho llamándolas tejas *mecánicas ó de encaje (fig. 38)*, las cuales ensamblan de una manera ingeniosa aunque complicada.

108. FABRICACIÓN DE LAS TEJAS.—La tierra para la fabricación de tejas ha de ser más fina que para ladrillos. Se busca ligera y de ligazón bastante entre sus partes, mezclándole algo de arena fina si fuera muy fuerte y propensa á agrietarse.

La fabricación exige un esmero mayor que la de los ladrillos y baldosas por depender de las tejas

la estabilidad de una gran parte de la construcción.

109. La operación del moldeado de las tejas curvas ó árabes, se ejecuta en dos veces: primero se hace plana del grueso que ha de tener y de las dimensiones de la teja desarrollada, por medio de un bastidor de madera ó hierro, de figura de trapecio, y después se la hace tomar la forma curva plegándola sobre la superficie cónica del molde, llamado *galápago*. Resulta así la teja más ancha por un extremo que por otro, con objeto de que pueda colocarse la parte estrecha de la una, dentro de la parte ancha de la otra y formar las filas de que se hablará al tratar del revestido de las cubiertas. El moldeado se ejecuta con las manos mojadas, con las que se alisa la cara vista, para que pueda resbalar mejor el agua y luego se deja con cuidado en la era con la concavidad hácia el suelo hasta que ha adquirido alguna consistencia y puede colocarse de canto. Se apila después para que se seque del todo y se cuece del mismo modo que los ladrillos, aprovechándose generalmente la hornada de estos mismos, para lo que se colocan en la parte superior.

El moldeado á mano de las otras tejas, se hace análogamente á la de las curvas, sirviéndose de útiles y moldes adecuados á la forma que hayan de tener, pegando con papilla los apéndices ó parte salientes que no resulten del molde.

110. Las máquinas de moldear movidas por hombres, por caballerías ó por el vapor ú otros motores, tienen por principal objeto la compresión ó prensado de la masa ó pasta de tierra, lo cual se verifica en moldes dobles ó planchas, una superior y otra inferior, teniendo cada una rehundido lo que en la teja ha de ser resaltado y al contrario, de relieve lo que ha de presentarse hueco; los moldes pueden ser de metal ó de yeso y se colocan en prensas. Los de yeso tienen la ventaja de no adherirse al barro, pero en cambio son frágiles y se necesita que el yeso sea muy bueno, exigiendo además una esmerada mano de obra: el molde de metal, si bien es sólido, se pega á él el barro y hay que hacerlo untuoso antes de extender sobre él el barro para que no se pegue. Las prensas varían en cada taller de construcción de máquinas, sirviendo generalmente para fabricar varias clases de objetos de barro.

El cocido de las tejas se efectúa en los mismos hornos que los ladrillos, baldosas, etc.

111. Del mismo modo que las baldosas, se pueden las tejas colorar y barnizar, usando en algunos puntos para esta operación una mezcla de arcilla á la que se agregan veinte partes de litargirio en polvo y tres de óxido de manganeso.

112. CONDICIONES DE LA BUENA TEJA.—La buena teja debe ser ligera é impermeable, inatacable por los hielos, bien moldeada, de sonido claro y bastante resistente para que pueda aguantar, colocada con la concavidad hácia abajo, el peso de un hombre de pié sobre ella.

Las tejas nuevas absorben de 26 á 290 litros de agua por metro cúbico, en 24 horas, y dejan filtrar algo la humedad hasta que las mismas aguas cierran todos los poros. Por este motivo son preferibles las tejas usadas que tienen ya ésta condición.

113. TUBOS, ARCADUCES Ó CAÑOS.—Destinados á la salida de humos ó á la conducción de aguas, su forma es unas veces cónica, como representa en sección la *fig. 39*, otras cilíndrica y otras cuadrangular, para salida de humos ó conducción de calor, teniendo siempre su generatriz recta. La forma cilíndrica exige que sus extremos ó bocas tengan un rebajo inversamente dispuesto *(fig. 40)* para que las de unos encajen ó enchufen en las de los otros. Generalmente, sin embargo, se hace en una de las bocas un reborde en el que se enchufe la extremidad de otro caño, como se ve en la *fig. 41*. Las variaciones de dirección en una cañería se verifican con tubos curvos *(fig. 42)* llamados *codos* ó *codillos* y cuando ha de empalmar ó bifurcarse otra tubería se emplean los llamados *injertos* ó *empalmes sencillos (fig. 43)* ó los *dobles (fig. 44)* según tengan uno ó dos brazos. En esta clase de obra se comprenden también los *sifones* que, en sección vertical, representa la *fig. 45* y las *tazas* ó *platillos* de los retretes.

114. FABRICACIÓN DE LOS TUBOS.—Las arcillas han de estar limpias de piedras ó materias extrañas, siendo las mejores las que se deformen y contraigan menos, las que sean más duras después de cocidas y las que den más sonoridad al producto.

Se hacen en el torno de alfareros llamado *chino*, después de amasada la arcilla ó envolviendo una plancha de barro en un cilindro de madera provisto de rebordes para los enchufes, rulándose después de unida para acabarlo de igualar. Hoy se emplean las máquinas de prensar los ladrillos sin más que variar los moldes á modo de las hileras, con la diferencia de que la parte llena del molde es la que

da el hueco y la parte vacía la que forma el macizo. Para unir unos trozos con otros y doblar su longitud, lo cual no consiente el barro cuando está blando porque le falta consistencia, se preparan unas tiras ó planchas estrechas de barro bien recortadas á una anchura y grueso igual y se envuelven los tubos por la unión con bastante solidez por medio de estos collares, rulando después las juntas para acabar esta operación. No podrían pegarse sino estuviese el barro á propósito, y aun así, hay que alisar los bordes para que no quede junta alguna por donde pueda escapar el humo ó el agua.

Para los sifones se emplearán moldes de yeso, haciéndose primeramente las dos mitades y uniéndolas después con papilla de barro *(barbotina)*, compuesta de retazos de barro bien colado y agua por partes iguales.

El secado de estos objetos ha de ser lento por lo expuestos que son á deformarse. Los tubos, cuando están en un punto de sequedad conveniente se pasan ó hacen rodar por una superficie tersa para regularizar las deformidades que adquieren al enjugarse.

115. Se cuecen en cualquier horno poniendo los objetos más pequeños dentro de los grandes para aprovechar sitio y que el tiro sea igual, pues si se colocaran separados unos de otros se desigualaría la salida de la llama perjudicando notablemente la cochura.

116. Á veces se les da un barniz particular que se obtiene derramando sal marina ó común en el interior una vez cocidos y exponiéndolos segunda vez al fuego para que la sosa determine la vitrificación. Se suele también formar el vidriado mezclando en agua con algo de vinagre, polvos de óxido de plomo, litargirio, minio, óxido de cobre y sulfato de plomo. Igualmente se emplea el feldespato reblandecido por la sosa y el bórax.

117. ADORNOS DE BARRO.—Como la tierra cocida es susceptible de resistir mejor que la piedra la acción de la intemperie, se emplean desde muy antiguo los adornos de barro cocido en los sitios más expuestos de los edificios, ya sea en fachadas ó en las cubiertas; sirviendo de remate á una chimenea, de antepechos en las azoteas, de cresterías, etc., y satisfaciendo, en fin, las mil exigencias de la ornamentación de una manera fácil y económica.

118. La arcilla preferible para esta fabricación es la llamada plástica ó de alfareros que algunas veces es blanca y generalmente coloreada por el óxido férrico. Es más untuosa que la común y forma con el agua una pasta ligable y dúctil. Se encuentran tierras á propósito en las embocaduras y riveras de algunos ríos, que las arrastran en sus avenidas y las depositan en forma de légamo. Se compone también con tres partes de arcilla lavada y una de arena finísima tamizada.

119. Es de importancia para el artista que concibe una obra que ha de moldearse como el barro, conocer los procedimientos de su fabricación evitando en lo posible que en el modelado, es decir, en la construcción del modelo, que haya partes entrantes y salientes que exijan moldes separados, y escogitando, por el contrario, formas simples adecuadas al moldeado y á la manera como obra el fuego en los productos cerámicos. Los moldes se hacen generalmente de yeso entrefino para que no pierda su porosidad y el relleno ó moldeado puede verificarse con barro ó con papilla.

Si se hace con barro, el procedimiento se llama moldeado *al pastel*. El barro se amasa bién y preparando el molde con aceite ó con ceniza finísima para que no se pegue, se extiende la cantidad de aquel que se crea necesario, en forma de planchas prevenidas al intento y se comprime con un rodillo ó con las manos para que ocupe bien todas las oquedades y detalles: se deja enjugar un poco para que se desprenda y pueda sacarse del molde con facilidad, lo cual conseguido, se le quitan las rebabas y se arreglan las partes que hubiere defectuosas, empleando si es necesario la papilla. Si el adorno consta de algunas piezas porque así lo exije su magnitud ó forma, se verifica la pegadura con papilla cuando el barro está en la sazón conveniente. En este caso se tiene cuidado de numerar las piezas para sacarlas de una manera ordenada, porque de hacerlo antes de tocarles el turno, se deforma el adorno.

Cuando el relleno se verifica con papilla, el moldeado se denomina *colado ó vaciado*, y para ello se limpia y prepara el molde como en el anterior procedimiento, vertiendo luego la papilla, hasta llenar todas las hendiduras ó bajos relieves, en cuya disposición se deja por algún tiempo, para dar lugar á que vaya tomando cuerpo y secándose con objeto de sacarlo volviendo el molde boca abajo. Este medio da productos más perfectos, pero en cambio necesita un número considerable de mol-

des, á causa del tiempo que se tarda esperando que la masa se seque.

120. El moldeado mecánico presenta dificultades, que no están resueltas satisfactoriamente, para qué se extienda el empleo de máquinas, como se han extendido las destinadas á la fabricación de tubos y ladrillos huecos. En éstas, la composición del barro se verifica por igual en todos los puntos de su superficie, lo que no puede suceder en los adornos por la diferencia que hay entre los puntos entrantes y los salientes.

121. Las piezas que pueden hacerse en el torno, como son los balaustres, macetas ó jarrones, aunque se hacen á mano por los alfareros, es mejor que se moldeen con plantilla ó calibrador. Para ello el operario coloca el barro sobre el plato ó cabeza de la rueda, moja las manos y haciendo girar al torno con el pié, da al barro la forma de cono, lo comprime luego haciéndole tomar con el dedo pulgar é índice la figura de una gran lenteja y con los dos dedos pulgares que introduce en el barro, da á éste el hueco que aproximadamente ha de tener el objeto, perfeccionándolo luego con el calibrador ó plantilla, el cual presenta el perfil que debe tener la pieza. Durante la operación se moja de vez en cuando las manos en papilla ó caldo, para que el barro que se moldea no pierda la elasticidad. Para piezas grandes, que necesitan varias pelladas de barro, se pegan éstas entre sí amasándolas sobre el plato sin parar el movimiento, para que se unan bien y se desprendan las ampollas ó burbujas de aire ó gases y formar el cono dicho, siguiendo la operación del forjado y luego del afinado con la plantilla. Si las piezas son de bastante espesor, pueden quedar terminadas con solo el forjado, afinándolas si se quiere con una esponja mojada en caldo de barro ó con un pedazo de piel suave.

ARTÍCULO IV

De las cales, cementos y puzolanas.

122. DIFERENCIAS ENTRE LAS CALES, CEMENTOS Y PUZOLANAS.—La calcinación de las piedras calizas, como se ha dicho (37), produce óxido de calcio, que es lo que se llama *cal*. Recién calcinada se denomina *viva* y para emplearla hay que *apagarla ó extinguirla*, es decir, hidratarla ó mojarla con objeto de quitarle el calor que ha adquirido en la calcinación y que conserva mientras está viva.

La diferencia entre la calidad de las piedras hace que sus productos sean también diferentes y gocen de distintas propiedades. Unas piedras dan cales que, reducidas á pasta, toman cuerpo y se endurecen solamente al aire, y otras que, además de tener esta cualidad, se endurecen en sitios húmedos ó sumergidas en el agua. Por esto á las cales que solo fraguan *(a)* al aire, se las llama *aéreas ó comunes*, y á las que lo hacen tanto al aire como en la humedad ó en el agua, *hidráulicas* y *cementos*. Las *puzolanas* son aquellas sustancias que mezcladas á la cal común la hacen hidráulica.

123. Las cales puras ó casi puras se pulverizan al contacto del agua cuando ésta no es excesiva, y reducidas á pasta y expuestas al aire, adquieren con el tiempo una dureza comparable á la de la piedra; pero sumergidas en el agua ó enterradas en lugares húmedos no llegan nunca á adquirir consistencia, y si el agua es corriente, las deslíe y las arrastra.

Las cales impuras ó que contienen otras sustancias, son más rebeldes para pulverizarse cuando se las moja y á veces hay que reducirlas á polvo por medios mecánicos. Hecha una pasta con ellas, se endurecen al aire como las puras; y si se las sumerge en el agua, unas no llegan á solidificarse nunca, pero otras adquieren una dureza mayor ó menor y en más ó menos tiempo, según la clase de sustancias que entran en su composición.

124. CALES COMUNES.—En las cales *aéreas ó comunes* se comprenden las *grasas* y las *áridas, magras ó secas*.

La cal *grasa* es la más pura de todas y la más abundante en la naturaleza, ofreciéndose ordinariamente con el blanco más puro.

Al mojarla, es decir, al *apagarla ó extinguirla*, absorbe una gran cantidad de agua y aumenta hasta tres y media veces su volumen, siendo por esta circunstancia la que admite mayor cantidad de arena y la más económica de todas. Produce con el agua una pasta fina, trabada y untuosa.

Sumergida sola en el agua después de reducida á pasta, la cal grasa no adquiere consistencia alguna,

(a) Se dice que la cal *fragua ó ha tomado cuerpo*, cuando reducida á pasta resiste sin impresión una aguja de un milímetro de grueso, limada en sección cuadrada por un extremo y cargada por el otro con un peso de 300 gramos.

disolviéndose completamente si se la agita; pero puesta al aire, adquiere gran dureza con el tiempo.

Cal *árida ó seca* es aquella que tiene en su composición materias diferentes tales como la magnesia, los óxidos de hierro y manganeso y la sílice en estado de arena, pero sin la alúmina que le daría propiedades hidráulicas.

Esta cal absorbe poca agua, aumenta solo un doble de su volumen, no adquiere la untuosidad que la cal grasa y sumergida en el agua no se endurece jamás, pero no se disuelve tanto como la cal grasa.

125. CALES HIDRÁULICAS. — Las hay *simplemente hidráulicas, débilmente hidráulicas, medianamente hidráulicas* y *eminentemente hidráulicas*.

Se considera como *hidráulica* la cal que contiene 6 á 12 por 100 de arcilla, en su extinción absorbe mucha agua y da de dos á tres partes de cal en pasta por una de cal viva. Reducida á pasta y sumergida en el agua, no fragua sino al cabo de quince á veinte días, continuando lentamente su endurecimiento hasta el año, en que tiene la consistencio del jabón seco, no adquiriéndola ya mayor. Si se la remueve se disuelve como la cal común aunque con dificultad.

Se llama cal *débilmente hidráulica* la que tiene de 12 á 15 por 100 de arcilla. Sumergida en el agua, fragua desde los nueve á los quince días, y al cabo de seis meses se endurece coma el jabón duro.

Cal *medianamente hidráulica* es la que contiene de 15 á 17 por 100 de arcilla. Al apagarla, da dos de cal en pasta por una de cal viva. Reducida á pasta y sumergida en el agua, forma cuerpo á los seis ú ocho días continuando su endurecimiento, de modo que de los cuatro á los seis meses tiene la consistencia de una pasta cerámica ó de piedra muy blanda, y al año ya no le ataca el agua.

Cal *eminentemente hidráulica* es la que contiene de 17 á 20 por 100 de arcilla y da por la extinción de uno y medio á dos de cal en pasta por uno de cal viva. En el agua fragua del segundo al sexto día de sumergida en pasta, siendo al cabo de un mes muy dura y completamente insoluble y á los seis, como piedra caliza absorbente cuyas caras pueden ser lavadas. Al romperse en este estado presenta una fractura de escamas.

126. CIMENTOS Ó CEMENTOS.— Se llama *cal límite, ó cemento de fraguado lento*, la cal que contiene de 20 á 25 por 100 de arcilla, y se obtiene sometiendo la piedra á una elevada temperatura para que haya principios de vitrificación. Este producto no puede ya ser apagado y hay que triturarlo para reducirlo á polvo. Amasado con agua, fragua en un tiempo de media hora á dieciocho horas, y á los cinco días resiste una presión de 30 kilogramos por centímetro cuadrado.

Cemento romano ó de fraguado rápido, es aquel que contiene 25 á 40 por 100 de arcilla y no se apaga, de modo que en contacto con el agua no se combina con ella ni se reduce á polvo, pero si se bate recién salido del horno, es decir, cuando está vivo, endurece instantáneamente, y si se le deja enfriar tarda en fraguar de quince á sesenta minutos.

Cuando contiene de 35 á 40 por 100 de arcilla, el cemento fragua con gran rapidez aunque esté frío, por lo que resulta ya de difícil aplicación, pues no da tiempo para manipularlo, además de que no produce buenos resultados.

127. PUZOLANAS. — Las puzolanas son unas sustancias que reducidas á polvo y mezcladas con cal grasa, dan á ésta propiedades hidráulicas: los romanos las extraían de Puzol, en Nápoles, de donde tomaron el nombre. Son materias calcinadas por el fuego de los volcanes y formadas principalmente de arcilla con un poco de cal, de potasa, de sosa ó de magnesia, peróxido de hierro y algún otro. Son de diferentes colores según la naturaleza de los terrenos de donde proceden y la relación en que se hallan las materias que los componen.

Se consideran como puzolanas: las cales que contienen más de 40 por 100 de arcilla; algunas arenas provenientes de la descomposición de los gneis, en los que el feldespato se ha convertido en kaolin; ciertas rocas silíceas en que la sílice se halla en estado gelatinoso ó semigelatinoso, llamadas piedras muertas; algunas rocas anfibólicas ó dioríticas descompuestas; ciertas cretas con sílice gelatinosa que tienen de 30 á 40 por 100 de sílice, y, por último, algunas areniscas deleznables de pasta arcillosa con granos desiguales de cuarzo en las que entra la arcilla en la proporción de 25 á 75 por 100. Todas ellas necesitan una torrefacción y reducirse á polvo fino como las verdaderas puzolanas.

Existen, pues, varias sustancias que pueden convertirse en puzolanas por una preparación conveniente, como se acaba de indicar, y, por lo tanto, que puede haber puzolanas naturales y artificiales.

128. Estos productos, que por sí solos no pueden fraguar debajo del agua, una vez amasados con

cal grasa forman morteros que endurecen del primero al vigésimo día, dependiendo esto de la energía puzolánica del producto, es decir, de su energía hidráulica. Así, se dice que una puzolana es *poco enérgica* cuando mezclándola con cal grasa en las proporciones convenientes se obtiene una mezcla que fragua en el agua á los diez ó veinte días. Es *enérgica* simplemente si fragua del tercero al cuarto día, y, finalmente, se la denomina *muy enérgica* cuando la pasta fragua en los tres primeros días.

129. La buena puzolana se distingue porque pulverizada y amasada con agua, forma una masa continua. La que tiene un color rojo violeta es la más rica en hierro y, por lo tanto, la que mejor mortero hace, pues el óxido de hierro favorece el endurecimiento de los morteros.

La pulverización de una puzolana es una condición muy importante para su bondad, pues que formando en unión de la cal grasa una combinación, estará tanto más favorecida la cohesión de la pasta cuanto más fina sea la pulverización, tanto que, siendo 1 la cohesión cuando el polvo es impalpable, se reduce á 0,67 cuando se parece á la arena gruesa y á 0,44 si es como pólvora de cañón.

130. OBTENCIÓN DE LAS CALES Y CEMENTOS.—La obtención de la cal en sus diversas variedades, constituye hoy un estudio especial para conocer la clase de piedra que ha de producirla, los hornos y combustibles que convienen en cada caso y los procedimientos que deben adoptarse para obtener el producto de las cualidades que se deseen. La índole de esta obra no nos permite más que dar noticia de las operaciones principales que exije, remitiendo al lector para más detalles á las obras que se han escrito modernamente sobre este ramo de la construcción.

131. Diversos medios químicos hay para conocer la calidad de las piedras calizas destinadas á fabricar cal, pero ninguno satisface mejor que los prácticos. Uno de ellos es el siguiente: se toma una vasija de barro agugereada y se llena de piedra partida al tamaño de una nuez gruesa, se coloca en la parte alta de un horno de cal ó ladrillo y á las 15 ó 20 horas se extrae dejándola enfriar si se ha de hacer el ensayo inmediatamente ó se la conserva si no en una vasija bien tapada. Para seguir el ensayo, se pulveriza la piedra y se forma con agua una pasta espesa que se coloca en un vaso hasta que ocupe los dos tercios ó los tres cuartos del mismo, dando golpes en el fondo con la mano para que se asiente bien. A las tres ó cuatro horas se llena el vaso de agua dejándolo todo reposado; y si á los dos ó tres días tiene la masa una consistencia tal que el dedo, apretando fuertemente, no hace impresión en ella, la cal será eminentemente hidráulica. Si esto no sucede hasta los ocho ó diez días, será hidráulica; y si hasta los treinta ó cuarenta no se obtiene este resultado, la cal será débilmente hidráulica; siendo común si al cabo de este tiempo no adquiere ninguna consistencia.

132. El objeto de la calización de la piedra caliza para obtener cal es hacer perder á aquélla el ácido carbónico y el horno tiene que ser abierto para que el aire lo arrastre á medida que se va desprendiendo: si la elevación de temperatura se verificara en un horno cerrado, las primeras porciones de gas que se desprenden de la piedra lo llenarían desalojando de él el aire que contenía; y en este caso, por mucho que fuera el grado de calor, sería imposible dejar la caliza exenta de ácido carbónico, porque la atmósfera que llenaría el horno, se opondría al desprendimiento de mayor cantidad de este gas.

La calcinación puede ser *periódica* ó *intermitente* y *continua*. Se dice que es periódica cuando se calcina cierta cantidad de piedra y se deja enfriar en el horno para poderlo descargar y volver á calcinar otra, y se llama continua cuando, sin apagar el fuego, se extrae la caliza ya calcinada por la parte inferior del horno al mismo tiempo que se repone otra por la parte superior.

Estos métodos de calcinación se subdividen en otros dos. Según el primero, las piedras llenan una parte del horno y debajo de ellas se coloca el combustible, que generalmente es leña, por lo que se llama calcinar á *gran llama*, y según el otro se coloca el combustible por capas alternadas con otras de piedra y á éste se le llama calcinación por *capas ó de pequeña llama*. En este caso, el combustible es por lo regular la hulla.

133. FABRICACIÓN ORDINARIA DE LA CAL COMUN.—La piedra se calcina ordinariamente en el horno llamado *de campaña*, cuando la piedra está muy próxima á la obra ó la leña se halla cerca de las canteras, siendo más económico aprovechar una ú otra circunstancia que no acudir á los hornos establecidos.

Para esto, se hace una simple excavación en el terreno dándole la forma cilíndrica abierta por un lado, para lo que se aprovecha la ladera de un

monte ó un banco cualquiera de tierra. Si el terreno no es suficientemente duro, se reviste el interior de un muro de piedra en seco ó trabado con barro. Los hornos comunes solo difieren del anterior en que están revestidos interiormente con una *camisa* hecha de adobes y barro, como en los hornos de ladrillo (84).

El horno se carga dejando en la parte inferior una cavidad por medio de una bóveda hecha con la misma piedra de cal, cuyo hueco sirve de hogar. Por la parte que se deja abierta en la excavación y que sirve de entrada tanto para cargar el horno como para alimentar el fuego del hogar, se revisten las piedras con barro para que no se escape el calor, dejando únicamente un portillo en comunicación con el hogar.

El tiempo necesario para la calcinación es de tres á cinco días con sus noches. Únicamente la costumbre da en esto seguras reglas, pues depende de la calidad de la leña, de la dirección del viento, etc. Sin embargo, se observa unas seis horas antes de la completa calcinación un asiento general en la piedra lo que produce un hundimiento por la parte superior del horno que suele ser de $^1/_5$ á $^1/_6$ de su altura. También se conoce el término de la calcinación por el color sonrosado que adquieren las piedras de la parte superior y porque la llama que sale por este punto es de un color blanco sin mezcla de humo, habiendo pasado antes por las fases de moreno, rojo subido y violado azul. La piedra, por otra parte, pierde por la calcinación hasta 0,45 de su peso primitivo por efecto de la evaporación del agua y del ácido carbónico que contenía.

A pesar de todos estos indicios, conviene, para mayor seguridad, pulverizar algunos trozos de piedra y hacer papilla con el polvo. Si no hace efervescencia al verter sobre ella unas gotas de agua fuerte, aceite de vitriolo ó vinagre fuerte, estará completa la calcinación, pues habrá perdido el ácido carbónico.

134. FABRICACIÓN DE LAS CALES HIDRÁULICAS.—La piedra se parte en fragmentos de uno á dos decímetros cúbicos, evitando las grandes diferencias de grosor, á fin de obtener una cochura uniforme. En Teil (Francia) se emplean hornos de forma ovoide, de cochura continua, con una capacidad de 45 á 67^{m3} y en ellos se quema hulla en cantidad de 140 kilogramos por metro cúbico de piedra que pesa 1250, ó sea en la proporción del 9 por 100. La cochura dura unos tres días y en cada uno de ellos se extrae en varias veces la tercera parte de la capacidad del horno.

La cal cocida se transporta á cobertizos donde se rocía con agua ($^1/_{10}$ próximamente del peso de la cal) apilándose y abandonándose á sí misma, para que se apague poco á poco y se reduzca á polvo.

A los diez ó quince días se pasa por una criba cilíndrica para obtener polvo fino, separando antes los fragmentos mal cocidos. Las granzas que quedan se trituran en molinos cuyas piedras distan entre sí unos dos centímetros y se vuelven á pasar por otra criba más fina, obteniéndose más polvo que se mezcla con el primero. Todavía las granzas resultantes de esta última operación se trituran y se vuelven á cribar reuniéndose el polvo resultante con los anteriores, para constituir de este modo la cal hidráulica, cuyo peso es de unos 800 kilogramos el metro cúbico, sin comprimir, la cual se conserva en sacos hasta su empleo.

En otras fábricas, el polvo obtenido del apagado expontáneo mezclado al de la primera cribadura, constituye una cal llamada *ligera*, porque su peso es de unos 700 kilogramos el metro cúbico, la cual, empleada debajo del agua, fragua en un término de trece á cincuenta horas. El polvo de la tercera cribadura se llama cal *pesada*, siendo su peso de 1000 á 1075 kilogramos por metro cúbico y fragua más rápidamente que la anterior, en diez ó veinte horas, no empleándose inmediatamente sino después de haber estado ensilada dos ó tres meses para que se reduzca completamente á polvo.

El cribado se hace en algunas fábricas por medio de una corriente de aire que entrando por un extremo de los cilindros sale por el otro, arrastrando el polvo á una cámara de depósito, donde el polvo cae al suelo por consecuencia de la menor fuerza del aire.

Con las granzas que forman el resíduo de la fabricación de la anterior cal, llamadas granzas-arena, se pone cemento de fraguado lento. Para ello se dejan expuestas al aire durante un mes en un cobertizo, hasta que se desmoronen: el polvo que resulta de este apagado expontáneo, que es cal hidráulica, se separa de los granzones por medio de la acribadura. Limpiados así estos últimos, se trituran entre muelas muy aproximadas y su producto se criba, separando á un lado el polvo resultante. Las granzas que quedan se vuelven á moler y cribar reuniéndose el polvo con el anterior.

Los resíduos de esta última operación forman una especie de arenilla que se pulveriza en trituradores especiales de hierro fundido llamados moletones, cuyo producto se tamiza y se deposita en silos donde se conserva durante cuarenta días, al cabo de los cuales se mezcla con el polvo recogido en las anteriores cribaduras. La mezcla de las tres clases constituye un cemento gris como el de Portland, de peso de 1100 á 1300 kilogramos el metro cúbico, que se deja reposar en silos durante un mes ó dos antes de emplearlo, cuyo reposo es ventajoso en toda cal que necesita triturarse. Fragua de las seis á las doce horas.

135. La caliza margosa de Granja de Escarpe (Lérida), que sirve de caja al lignito que allí se beneficia, produce un cemento que tarda en fraguar de quince á veinte minutos, pesa 900 kilogramos el metro cúbico sin comprimir y 1230 después de comprimido, presentando una resistencia á la compresión de 80 á 90 kilogramos por centímetro cuadrado, la cual aumenta con el tiempo.

Se calcina en tres hornos contínuos que producen de seis á siete toneladas métricas diarias cada uno. Al salir de los hornos se hace pasar por un sistema de planos inclinados con movimiento de vaivén en los que se limpia de las piedras y partes crudas, así como de las cenizas del carbón. De estos aparatos cae á los vagones que lo conducen á la molienda, la cual se hace primero en cilindros trituradores y después en dos pares de piedras horizontales que lo pulverizan más finamente, separándose luego la parte más ténue por medio de trommels.

136. APAGADO Ó EXTINCIÓN DE LAS CALES.—La cal debe apagarse pronto y complemente en el agua luego de salir del horno. Si las cales comunes ó algo hidráulicas tienen exceso de calcinación, tardan más en fraguar, no se apagan en muchas horas y aun en uno ó dos días y aumentan más de volumen, aprovechándose mejor porque no resulta *hueso* ó pedazos sin calcinar. En cambio los morteros hechos con ellas no tienen tanta fuerza. Al contrario, si la cal está poco calcinada, fragua con más rapidez; por esto las hidráulicas se calcinan menos que las comunes, saliendo del horno en la apariencia con la misma dureza con que entraron, por lo que hay que pulverizarlas para su empleo.

Al verificar la extinción, la cal desprende calórico, silva al penetrarle el agua y ésta se evapora deshaciéndose la cal en polvo y aumentando de volumen. Disuelta en agua, absorbe ácido carbónico y forma una costra que si se quita, vuelve á renovarse mientras hay agua.

137. Cinco métodos hay para apagar cal y que se emplean unos ú otros según el destino y calidad de la misma. El 1.° se llama *ordinario* ó por *infusión;* el 2.° por *lechadas;* el 3.° por *inmersión* ó *sumersión;* el 4.° por *aspersión* ó *riego*, y el 5.° *espontáneo*.

El método por *infusión* ú *ordinario* consiste en echar poco á poco el agua sobre la cal extendida en el suelo por capas de unos 25 centímetros de espesor ó en un noque ó artesa de bastante capacidad para contener la cal cuando aumente de volumen. De esta manera se reduce la cal á una masa espesa, agitándola para que todas sus partes estén bién disueltas, no vertiendo agua segunda vez hasta que haya hecho su efecto la primera ó hasta que la cal se enfríe. Es conveniente hacer pasar la masa á otro depósito más bajo, en cuya comunicación haya una rejilla que impida el paso de las piedras no apagadas. De este modo se consigue tenerla luego con la consistencia de pasta y no resultan *huesos* ó partes sin apagar.

Filiberto de L'Orme indica que debe apagarse de una vez toda la cal necesaria para la obra de que se trata, colocándola en un depósito impermeable, cubriéndola con una capa de arena de 50 centímetros de espesor sobre la cual se vaya vertiendo poco á poco el agua hasta que se halle bien embebida, teniendo cuidado de cerrar con presteza las grietas que se formen en la arena por las que el vapor de la cal tiende á marcharse.

Se apaga también la cal echándola en artesones con el agua suficiente para hacer una lechada bién batida, teniendo cuidado de separarle las piedras y demás sustancias. Por este método, que como se ve es en realidad como el primero, se puede emplear inmediatamente la cal.

Por el método de apagar la cal por *inmersión*, se coloca en cestas sumergiéndolas dentro del agua mientras silva y se oye el ruido que produce la absorción del agua, lo cual dura pocos instantes empezando á hervir, en cuyo caso se la retira dejando que se escurra un poco y se la apila ó coloca en cajones, donde no pudiendo escapar el agua, va apagando la cal poco á poco reduciéndola á polvo. Algunas veces, cuando la cal viva está en grandes trozos, se apaga con dificultad, por lo que algunos

la parten al tamaño de una nuez antes de apagarla.

Por el método de *aspersión ó riego*, que viene á ser como el anterior, se extiende en el suelo y se rocía poco á poco con agua mientras silva y se oye ruido reduciéndose luego á polvo. Luego se la muda de sitio, separando al mismo tiempo el hueso.

La extinción *espontánea* no consiste más que en someter la cal extendida en el suelo de un cobertizo y por capas de 20 á 50 centímetros de espesor, á la acción lenta y continua de la atmósfera, por cuya influencia se reduce á polvo fino con desprendimiento de poco calor y sin vapor visible. Esta operación debe hacerse en atmósfera que no sea húmeda, retirándola cuando la extinción sea completa para conservarla en toneles ú otras vasijas.

Aunque económico este método, es muy embarazoso por el gran sitio que exige, aun cuando puede obviarse en parte disponiendo varios pisos de tablones distantes $0^{m}7$ unos de otros.

138. Algunas cales hidráulicas se apagan con dificultad dejando piedras sin extinguir, en cuyo caso es preciso triturarlas antes de la extinción. Vicat da el siguiente procedimiento para extinguir la cal hidráulica: se coloca la cal viva en un estanque impermeable en capas de 20 á 25 centímetros de espesor: se echa el agua de manera que penetre y circule por todos los huecos que deja la cal y la efervescencia no tarda en producirse. Se continúa echando capas de cal y agua alternativamente, cuidando no hacer una lechada y dirigiendo el agua por medio de una batidera á donde se vea la cal en seco. De tiempo en tiempo se introduce un palo con punta donde se supone que falta agua, y si sale cubierto de una cal pegajosa la extinción está hecha, pero si por el contrario se eleva un humo harinoso, hay que echar más agua.

En esta clase de cales no debe apagarse más que la precisa para el consumo de un día, para lo que se establecen dos noques, llenándose el uno según va desocupándose el otro y extinguiéndose así completamente durante el día, con lo que se deja tiempo para que se dividan los fragmentos más rebeldes.

139. El agua que se emplee en la extinción, debe ser lo más pura posible, desechando aquella que contenga cuerpos extraños ó sales minerales y sobre todo las procedentes de lagunas y las de lluvia que han limpiado las calles.

Debe tenerse presente que el echar el agua de golpe sobre la cal común produce mal apagamiento, siendo tanto peor cuanto más fría esté el agua, en razón á que se hiende en seco en algunos puntos, en los que se deshace con dificultad la piedra al verter de nuevo agua.

La cantidad de agua que se necesita para apagar las cales, es variable según su calidad. Para averiguarlo, se toma un trozo de cal viva que se pesa y se coloca en una vasija con bastante agua: verificada la extinción se decanta el agua que no haya absorbido la cal y pesando luego la masa podrá saberse qué es lo que ha aumentado al peso primitivo y por lo tanto la cantidad de agua necesaria para la extinción.

De diversas esperiencias resulta que la reducción á pasta de 1^{m3} de cal grasa, absorbe, por término medio, $0^{m3}880$ de agua.

140. El modo de extinguir la cal ejerce grande influencia sobre su cualidad posterior. Vicat ha observado que puede dársele doble resistencia á una mezcla eligiendo el sistema más adecuado de extinción.

La extinción ordinaria es la que mejor divide las cales y la que les da toda la blancura de que son susceptibles. Las cales comunes, apagadas por inmersión, son más resistentes que las que se apagan por aspersión.

Por la extinción espontánea salen las cales menos blancas que por los otros métodos, teniendo menos tenacidad por no estar tan bien divididas. En las cales hidráulicas, este método les quita parte de sus propiedades. Así que, según Vicat, el orden de preferencia que debe adoptarse para las cales comunes, es: 1.°, la extinción espontánea. 2.°, la de inmersión. 3.°, la ordinaria; y para las hidráulicas es: 1.°, la extinción ordinaria. 2.°, la de inmersión, y 3.°, la espontánea.

La cal que ha estado aireada por algún tiempo antes de la extinción, se hace *perezosa*, es decir, se apaga difícilmente, y las cales hidráulicas concluyen por disolverse en el agua sin manifestar otra cosa que un poco de calor.

Los cementos no se pueden apagar, pues no obra el agua sobre ellos, así como las cales eminentemente hidráulicas son algo reacias para admitirla. Es preciso en este caso pulverizarlas después de calcinadas y emplearlas sin apagar.

En general, 100 kilogramos de cal grasa muy pura dan $0^{m3}240$ de pasta en el apagado; pero

cuando no es muy pura y máxime si está calcinada de algunos días, solo da $0^{m3}180$.

141. MÉTODOS DE HACER CALES HIDRÁULICAS Y CEMENTOS ARTIFICIALES. —Conocida la causa de la hidraulicidad de la cal, que como se ha visto (125 y 126) consiste en la presencia de las arcillas, se concibe que pueden fabricarse artificialmente cales hidráulicas y cementos, mezclando la arcilla á la piedra caliza pulverizada ó á la cal en las proporciones que las piedras naturales tienen en las dos clases.

La invención de fabricar cales y cementos artificiales se debe á Vicat, el cual propone dos medios: ó *á simple* ó *á doble cocción*. Por el primero, se reduce á polvo la arcilla y la piedra caliza y se hace con ellas un caldo que se deja reposar en noques: se forman ladrillos toscos con la pasta cuando tiene consistencia y se los calcina en un horno. Por el segundo ó *á doble cocción*, se mezcla la arcilla con la cal ya calcinada y se hacen con ellas las mismas operaciones que por el método anterior, tomando este producto el nombre de *cal quemada* de Vicat.

La cocción debe ser excesiva porque, además de ser uno de los medios más importantes de la fabricación, resulta que los cementos menos resistentes son los menos cocidos, aunque tienen la propiedad de fraguar más pronto.

142. Puede transformarse en hidráulico un mortero de cal grasa, regándolo con una disolución de potasa ó de vidrio soluble de que se hablará en su lugar ó introduciendo directamente en la fabricación del mortero común, 11 por 100 próximamente de silicato alcalino.

143. El *cemento romano* denominado *de Parker*, nombre de su inventor, fragua rápidamente y se compone de 554 partes de piedra caliza, 360 de arcilla arenosa y 60 de óxido de hierro. Sus propiedades no las pierde aunque se le mezcle arena en la proporción de dos volúmenes de ésta por tres de cemento. Convertido en mortero sin mezcla de arena, cada metro cúbico de cemento en polvo se reduce á $0^{m3}830$, perdiendo por consiguiente 17 por 100 de su volumen.

144. El *cemento de Portland*, nombrado de este modo por su parecido con la piedra de Portland (Inglaterra), es entre los cementos de fraguado lento el que ofrece más ventajas para emplearlo en obras y el que hoy se aplica en mayor escala á toda clase de construcciones, ya por su energía en fraguar y endurecimiento consiguiente, ya por la propiedad que tiene de poderse mezclar con una gran cantidad de arena.

El color de este cemento, debido al óxido de hierro que contiene la arcilla, es gris verdoso claro, á veces gris azulado claro, estando en polvo seco y bien molido. En condiciones de humedad aparece gris verdoso oscuro y también gris negruzco, y cuando ha endurecido por completo, afecta un color gris azulado claro. Su sabor es ligeramente alcalino apenas sensible y fragua á las cinco ó diez horas, tardando treinta días al aire libre para su completo endurecimiento, y cuarenta y cinco si está sumergido en el agua. Se retarda este efecto mezclándolo con arena, llegando á desaparecer con un exceso de ella, no solo la compacidad y trabazón del mortero, sino también su impermeabilidad. Este cemento adquiere una dureza mayor que los de pronto fraguado, resiste bien el calor y el frío sin contraerse ni dilatarse sensiblemente y no le atacan el alcohol, los aceites, las legías ni el agua de mar.

Después de su completo endurecimiento, el cemento Portland adquiere, así dentro como fuera del agua, la resistencia y dureza de la mejor piedra arenisca, y mezclado con cal común, constituye un buen mortero hidráulico, adhiriéndose bien á las paredes de tierra.

145. Aprovechando las escorias procedentes de los altos hornos de fundición de hierro, se ha establecido la fabricación de *cementos de escorias*, cuyo fraguado es lento y su peso específico menor que el de Portland, pero no inferior en calidad. Exceptuando las escorias de hematites, que con una simple pulverización pueden dar un cemento muy bueno, las demás son generalmente demasiado pobres en cal para que se pueda evitar el añadirlas cierta cantidad de ella. Esta cantidad varía necesariamente con la composición química de la escoria y también hasta cierto punto con el objeto á que se destina el cemento. La cal añadida debe estar apagada y no contener exceso de alúmina y de sílice, ni partes graneadas y duras. La escoria se pulveriza, siendo tanto mejor cuanto más fino é impalpable es el polvo.

El endurecimiento del mortero hecho con este cemento, sólo puede efectuarse con una constante absorción de agua y no se puede emplear al aire más que con ciertas precauciones. En este caso debe contener poca alúmina y es indispensable conservarlo húmedo una semana cuando menos.

Empleado en enlucidos este cemento, mezclado con arena en la proporción de uno de aquél por tres de ésta, no se hiende; pero si es puro, se contrae y muestra en su superficie ligeras grietas: éstas se evitan no alisando el enlucido, aunque comprimiéndolo fuertemente. Esta clase de cementos no produce caliches, porque los elementos de que se compone, escoria granulada y cal apagada, no son susceptibles de aumentar de volumen. Por esta misma circunstancia se conserva bien este cemento, perdiendo muy poca resistencia con el tiempo, la cual aumenta con el calor hasta los 75°, pero disminuye de aquí en adelante.

146. OBSERVACIONES SOBRE LOS CEMENTOS.—Hay que observar que el cemento se endurece antes en el aire que en el agua y que esto se verifica siempre y gradualmente de la superficie al interior. Bajo la acción de un fuego violento pierde su fuerza de cohesión y se resquebraja.

No es la mejor cualidad de un cemento la demasiada rapidez en el fraguado, pues sobre no dar tiempo para su empleo, no alcanza nunca la dureza del que da tiempo para que se le amase.

Los cementos aireados no fraguan empleados solos; pero mezclados con cal grasa, le comunican la propiedad hidráulica en grado superior al que se puede obtener de ellas en vivo. Según el grado de energía que se desee en la cal hidráulica así obtenida, se mezclan de una á dos partes de cemento por una de cal grasa.

La presencia de la magnesia en el cemento produce, al cabo de algún tiempo, una dilatación que puede tener consecuencias perjudiciales. Experimentos hechos con cemento Portland inglés mezclado á tres partes de arena que contiene 2 por 100 de magnesia, aumenta en 0,05 por 100, y si la arena contiene 5 por 100 de magnesia, el aumento de volumen en la mezcla llega á 0,5 por 100. En consecuencia, se considera peligrosa en el cemento una cantidad de más de 2 por 100 de magnesia.

147. MEDIOS DE CONOCER LA BONDAD DE LOS CEMENTOS.—Para averiguar la bondad de un cemento, la mejor prueba es hacer un ensayo, para lo cual Pasley da las siguientes reglas. Mezclando el cemento en polvo con agua para formar una torta, se hacen con ella unas bolas y cuando hayan cesado de despedir calor se sumergen algunas en agua, observando al cabo de un día ó dos si están duras por dentro y fuera, lo que ha debido suceder también con las que quedaron al aire. Si así ha sucedido, es prueba de que el cemento es bueno; pero si no, el defecto podrá consistir en que sea viejo, en que esté mal preparado ó en que se halle falsificado. Para conocer cuando es viejo, se ponen en un crisol las bolas que había en el agua después de secas, se las somete al fuego rojo de carbón hasta que, tratadas por un ácido, no produzcan efervescencia; se reducen luego á polvo y se vuelve á hacer con él y agua otras bolas. Si éstas endurecen en el agua y al aire, del modo dicho antes, el cemento era primitivamente bueno, pero la acción de una atmósfera húmeda lo había deteriorado: si esta segunda prueba no da buen resultado, consistirá en que las sustancias empleadas en la fabricación del cemento eran malas, que no se han mezclado en las proporciones convenientes ó que está falsificado con materias baratas tales como tierras.

148. Para determinar los cementos que sin peligro pueden emplearse al aire libre, donde algunas veces pierde su cohesión reduciéndose á polvo, propone Tetmajer lo siguiente: se prepara una torta de cemento puro de 10 centímetros de diámetro por uno de grueso, y colocada en una placa lisa de hierro, se deja secar en un sitio húmedo durante veinticuatro horas para que no se agrietee: se expone luego en una estufa de desecación á un calor de 120 centígrados durante tres ó cuatro horas, y finalmente, á la acción de una corriente de ácido carbónico. Si resiste el cemento á esta prueba sin deshacerse, es de buena calidad y puede emplearse al aire libre.

149. Comparados los cementos buenos con los deteriorados, se ve que aquéllos presentan un color fresco, gris verdoso, siendo más claro cuando ha sido recocido; y gris blanquecino mate como el de la ceniza cuando el cemento está pasado pero no ha sido recocido.

Las bolas del cemento Portland que empiezan á fraguar por su interior sin quebrarse desde los cinco á los veinte minutos, y que introducidas en agua inmediatamente después de su preparación no se desagregan, proceden de un buen cemento.

Deben desecharse aquellos cementos cuyas bolas expuestas al aire presenten, aun después de su endurecimiento, cierto lustre como de una capa vidriosa.

150. CONSERVACIÓN DE LAS CALES.—Cuando la cal apagada por el método ordinario ha de conservarse por algún tiempo antes de su em-

pleo, debe cubrírsela de una capa de arena y tierra ó de arena fresca.

Apagada, como indica L'Orme, dice Alberti haber visto en una fosa abandonada de 500 años, una cal tan perfectamente conservada en estado húmedo que no hubiera podido encontrarse mejor para toda clase de obras.

Si se ha apagado por inmersión ó expontáneamente, su conservación debe verificarse en cubas ó toneles cubiertos con paja poniéndola al abrigo de la humedad.

151. Las cales hidráulicas que han de conservarse por algún tiempo, deben apagarse por inmersión y encerrarlas luego en sacos ó barriles. Igualmente puede emplearse el siguiente procedimiento: se extiende sobre el suelo de un cobertizo una capa de 15 á 20 centímetros de espesor reducida á polvo por inmersión; sobre esta capa se apila la cal viva apretándola todo lo posible y se cubre el todo con cal recien apagada, cuyo polvo se introduce por los huecos de la cal cubriéndola totalmente y defendiéndola del aire y de la humedad.

Cuando se trata de cales hidráulicas ó cementos, todo cuidado es poco para conservarlas en buen estado y que no pierdan sus cualidades, debiéndose á la negligencia en esta parte y al poco esmero en su empleo, el que muchas veces no hayan dado en la práctica los buenos resultados que de su empleo deben esperarse.

Por esto los barriles en que generalmente se venden las cales hidráulicas y cementos deben colocarse perfectamente tapados en sitios secos y no en contacto con el suelo, pudiendo de esta manera conservarse durante mucho tiempo.

152. PUZOLANAS ARTIFICIALES.—Aunque no son tan enérgicas como las naturales, se acude á ellas donde éstas escasean ó cuando no hay tiempo para esperar su adquisición. El polvo de arcilla, las tierras ferruginosas y las sustancias que ya se indicaron (127) pueden emplearse para hacer hidráulica una cal común después de tostada y bien pulverizada.

153. El polvo de arcilla se tiene en las tejas y ladrillos moliéndolos y pasándolos por tamiz, como lo usaron ya los romanos y hoy se sigue empleando con buen éxito; se debe preferir la teja, porque siendo más delgada que el ladrillo está cocida con más igualdad. Pero esta puzolana no conviene á las cales que ya son hidráulicas, pues que teniendo que mezclarse con ellas en seco robarían durante el amasado una gran parte del agua necesaria para el endurecimiento del mortero.

Cuando las puzolanas se quieren obtener directamente de las arcillas, deben buscarse aquellas que contengan cal, porque según Treussart es una condición esencial, obteniéndose además una economía por necesitar menos cocción las arcillas calizas y menos trabajo después para pulverizarlas. La arcilla que emplean los alfareros es la que tiene generalmente la parte de cal necesaria, lo cual, por otra parte, es fácil de averiguar, puesto que basta verter algunas gotas de un ácido cualquiera ó, en su defecto, de vinagre fuerte, sobre un trozo de arcilla ó mejor sobre la arcilla reducida á pasta clara, y la efervescencia que causa el ácido sobre la cal probará la presencia de ésta, que será en tanta mayor cantidad cuanto más claramente se manifieste la efervescencia.

Sin embargo, como su excelencia para fabricación de puzolana puede deberse á otras sustancias que no sean cal y que contengan la arcilla, es bueno hacer un ensayo con las arcillas y la cal que haya de emplearse y adoptar la de aquellas que dé mejores resultados.

154. Para la fabricación de la puzolana, Treussart ha hecho con la arcilla ladrillos más ó menos gruesos, cociéndolos también más ó menos, según que la arcilla contenga más ó menos cal. Estos ladrillos los redujo después de la calcinación á polvo fino pasándolo por tamiz.

Vicat propone que se eche la arcilla en polvo sobre una plancha de hierro candente, teniéndola de diez á veinte minutos, con cuyo sistema obtuvo una puzolana superior á la natural.

Cuando la arcilla no contiene cal, debe amasársela con cuatro ó cinco centésimas de dicha sustancia.

Añaden algunos, con el objeto de aproximarla lo más posible á la natural, limaduras de hierro que oxidándose al mojar la mezcla aumentan de volumen y aprietan el mortero. Este objeto puede conseguirse echando en una vasija con agua pedazos de hierro viejo que se oxidan y empleando luego esta agua para la fabricación del mortero.

155. Estas mezclas son difíciles, y por lo tanto no conviene acudir á ellas, teniendo en la naturaleza materiales que las contienen en las proporciones necesarias, como ya se ha indicado (127).

Las *tierras ocres ó boles*, que son un compuesto de arcilla con 20 por 100 de óxido de hierro, ex-

puestas á la acción del fuego, pueden también servir de puzolanas. Tienen éstas la ventaja de que no necesitan pulverizarse después de la calcinación, lo que disminuye los gastos. Entre los ocres, los que tienen un color rojo son los mejores, sobre todo cuando contienen mineral de hierro.

Las *pizarras hembras* ó *esquistos* se pueden convertir en puzolanas, exponiéndolas por algunas horas á la temperatura del blanco hasta que se hinchan, se hacen porosas, ligeras, friables y de un verde pálido. Las que son de un rojo dorado, deben desecharse porque no están bien calcinadas.

Se ha observado que en la cochura de los esquistos, los detritus de piedras calcáreas mezclados con aquéllos ó con el combustible, aceleran la vitrificación, cuya circunstancia puede aprovecharse.

Las pizarras ferruginosas convienen mejor á las cales hidráulicas, y las silíceas á las comunes.

Los *basaltos* pueden también convertirse en puzolanas, exponiéndolos á la temperatura del blanco, reduciéndolos luego á polvo y pasándolos por tamiz para separar las partes gruesas. Hay que observar, no obstante, que son muy poco empleados porque su trituración es sumamente costosa.

156. Hecha con estas materias una pasta, y moldeada como ladrillos, se ponen á secar á cubierto y después se cuecen en hornos abiertos como los de reverbero, para que la desagregación molecular sea más completa. Vicat ideó uno en el que hay una canal donde la pasta que entra por uno de sus extremos se va secando para pasar al horno que está en el otro, de modo que la calcinación es continua. La temperatura á que se somete la pasta es de 600 grados termométricos cuando contiene algo de carbonato cálcico, haciéndola llegar á 700 ú 800 si las arcillas tienen de 15 á 20 por 100 de dicho carbonato. Conviene de todos modos hacer ensayos para determinar el grado de cocción en cada caso.

La reducción á polvo de las puzolanas se hace á mano con mazos á propósito, pero mejor sale en muelas ó molinos como los de fabricación de harinas. Después se pasa por tamiz y vuelven á molerse las granzas ó partes que no hayan salido finamente pulverizadas, por la importancia que esta circunstancia da á la calidad de las puzolanas.

ARTÍCULO V

Del yeso y de sus productos.

157. ELECCIÓN DE LA PIEDRA.—Como se ha dicho (36) el yeso procede de la calcinación de la piedra de este nombre, siendo una cal sulfatada ó sulfato de cal.

Las piedras que han de servir para hacer yeso deben buscarse compactas y de un color amarillento con algunos puntos brillantes. Si contienen alguna cantidad de arcilla producen un yeso impuro que se llama *yeso negro*. Se ha observado, además, que hay cierta relación entre la resistencia de una pasta ó mortero de yeso y la piedra de que éste procede, pues en igualdad de circunstancias es tanto más resistente aquél cuanto más dura y compacta es la piedra aljez de que proviene.

Como la presencia del carbonato de cal da buenas propiedades al yeso, deben elegirse las piedras que lo tengan, lo cual se conoce en que hacen efervescencia con los ácidos.

Las piedras deben exponerse al aire durante largo tiempo antes de la calcinación para que arrojen fuera toda la humedad de la cantera.

Una vez calcinadas, hay que pulverizarlas para poder hacer uso del yeso que es su resultado, siendo su empleo en forma de masa, con objeto de unir los otros materiales de que se ha de componer la obra.

158. CALCINACIÓN DE LA PIEDRA YESO.—Cuando la cantidad de yeso que se quiere obtener es insignificante, la calcinación de las piedras puede efectuarse en los mismos socavones que deja la extracción haciendo en la parte baja un hogar por medio de piedras grandes formando bóveda con su abertura correspondiente para la alimentación del fuego.

Ordinariamente la calcinación se verifica en hornos de planta cuadrada, abiertos por un frente y consistentes en tres paredes adosadas generalmente á una excavación ó defendidas por un terraplén. Para cargarlos se empieza por formar la bóveda del hogar con las mismas piedras, colocando luego las más grandes y más compactas para que de este modo pueda conseguirse una cocción igual con las pequeñas que no necesitan tanto fuego y que pueden cargarse en la parte superior. Al mismo tiempo que se va llenando el horno, se va formando la pa-

red del lado abierto, dejándole en la parte inferior las aberturas necesarias para alimentar la combustión en el hogar y cubriéndola con una capa de yeso amasado para que no deje escapar el calor. Á estos hornos se les cubre á una respetable altura, para que no les alcance el fuego, con un tejadillo que los preserve de las lluvias que perjudicarían la cochura.

Esta clase de hornos consumen una gran cantidad de combustible porque en sus ángulos se pierde una parte muy considerable de calor, así como se escapa también por la razón de estar abiertos. Por este motivo, donde la leña es escasa, se construyen los hornos de forma cónica truncada, cuya base mayor es el hogar.

En cuanto al modo de verificar la combustión, el mejor procedimiento es el de aplicarle el combustible moderadamente, á fin de que vaya perdiendo poco á poco la humedad: se sigue aumentando el fuego hasta que el yeso adquiere un color rojo que después de la calcinación se convierte en blanquecino. Por lo regular, veinticuatro horas bastan para una cochura completa, á pesar de que este tiempo lo determina mejor la experiencia que cuantas reglas dan los autores.

De todos modos, hay que tener presente que la demasiada cochura quita al yeso cierta parte de fuerza y trabazón y que la falta también le perjudica.

El combustible mejor es el ramaje que proporciona gran llama, cualidad que se necesita para la calcinación.

Concluida la cochura, debe cubrirse la hornada con una capa de polvo del mismo yeso con el objeto de que el calor se vaya reconcentrando y el enfriamiento sea lento.

159. TRITURACIÓN Y CERNIDO DE LA PIEDRA COCIDA.—Para usar el yeso después de calcinada la piedra y como ésta conserva la misma forma con que se echó en el horno aunque con algo menos de peso, es preciso reducirla á polvo.

Generalmente se hace esta operación en un molino parecido á los de harinas, habiendo antes partido la piedra por medio de mazas de hierro. También se pulveriza en una era pasándole un cilindro ó rodillo de piedra ó de madera. En todos casos, ha de procurarse que la operación no sea muy violenta para que el yeso no se recaliente.

Después de la molienda se pasa el yeso por varias zarandas metálicas, cuyos agujeros son en cada una más pequeños, concluyendo con un cedazo.

Todas las operaciones que se hacen con el yeso, desde que sale del horno, como son, la trituración, tamizado y empleo, deben ser seguidas sin interrupción; pues de no hacerlo así, como es muy ávido de agua, absorbe prontamente la de la atmósfera y la humedad lo deteriora hasta convertirlo en tierra y por lo tanto lo hace inútil para su empleo. Pero cuando haya de conservarse por algún tiempo, debe guardarse en tinas ó cubas situadas en lugar seco ó acopiarlo en grandes montones para que no penetre al interior la humedad del aire.

160. CUALIDADES DEL YESO.—Se distinguen tres clases de yeso: *tosco ó negro*, de *criba ó blanco* y *fino ó blanco espejuelo*.

El yeso se adhiere perfectamente á la piedra, ladrillo y hierro, al cual oxida la humedad que mantiene en su interior hasta formar una capa que en hierros delgados puede llegar hasta destruir su resistencia y aun á separarlo en dos partes cuando el hierro es propenso á oxidarse mucho. No se adhiere del mismo modo á las maderas, al rededor de las cuales se hace con el tiempo un vacío procedente de la desecación de éstas. Las conserva, sin embargo, perfectamente por mucho tiempo y si están cubiertas con una ligera capa, las preserva del fuego, pues el yeso se conserva casi intacto bajo la acción de la temperatura al blanco, aun cuando se rocíe con agua fría, por más que se debilita considerablemente su fuerza.

El yeso adquiere su cohesión final al mes de empleado, pero nunca en lugares húmedos; debiendo observarse que pierde de fuerza con el tiempo descendiendo cada vez más, lo contrario que le sucede á la cal.

Una de las principales propiedades del yeso y que es preciso tener muy presente en su empleo, es el aumento de volumen que toma al fraguar y que es de 1 á 2 por 100, y la fuerza consiguiente á esta expansión que ocasiona deformaciones que pueden ser peligrosas algunas veces y son siempre desagradables á la vista.

161. CONDICIONES QUE HA DE TENER EL YESO.—Se conoce el buen yeso en que amasándolo una vez hecho polvo, es suave, ávido de agua y untuoso al tacto, pegándose á las manos y al cuezo en que se amasa; apretándolo fuertemente entre los dedos, ha de conservar la impresión de éstos y despedir mal olor, lo que no sucede con el

malo, el cual se desmenuza. También, para probarlo, se toma un puñado y se le echa un poco de agua, se aprieta entre las manos y cuando tiene alguna consistencia se dejan pasar siete á ocho minutos, al cabo de los cuales, si tiene poca cohesión, es friable y poco duro y debe desecharse por malo; pero no si se rompe difícilmente; y tanto mejor será cuanto más trabajo cueste el romperlo. Además, al tenderlo sobre una pared ha de solidificarse mucho formando una superficie unida y tersa, lo cual no sucede cuando contiene tierras, arenas ó cenizas, pues entonces se presenta árido, con la aspereza del polvo de la piedra de que provino, no es ávido de agua, se endurece poco y se esfolia al fin en hojas ó cascarillas.

Cuando el defecto del yeso procede de no estar bien calcinado, absorbe mal el agua, no solidifica bien; y cuando proviene de estar demasiado cocido, como el fuego lo ha vitrificado, es granujiento, rehusa el agua, no quiere formar un cuerpo unido sino que se desmenuza, y al tenderlo se resquebraja y descascara.

162. YESONES Ó ALJEZONES.—Son los trozos más ó menos informes procedentes de la demolición de antiguas construcciones de yeso y que sirven como mampuestos.

Los que proceden de sitios bajos y húmedos, tienen siempre salitre que los hace inútiles, siendo por el contrario de muy buen uso en obras ligeras. Los procedentes de chimeneas tienen el inconveniente de presentar, al poco tiempo de su empleo, una tinta de hollín á través de los revocos que los cubren.

Los yesones son peores que los mampuestos por su menor resistencia y dureza, pero en cambio tienen la ventaja de ser de poco peso y precio.

163. LADRILLOS Y CACHARROS DE YESO.—Con el yeso se pueden hacer ladrillos que tienen su empleo más adecuado en paredes en que se exija la interceptación de los ruidos ó á lo menos su disminución, pues el yeso es mal conductor del sonido.

Estos ladrillos pueden ser macizos ó huecos y se hacen con yeso solo, con cascote, trozos de piedra ó con escorias de hierro, unidos por medio de yeso colado ó suelto.

Para hacerlos con esmero se vacían en moldes que tienen dos lados con juego de nuez, y otros dos de lengua de lobo, de manera que pueden encajar aquéllas en éstos: las caras interiores del molde se hacen rugosas, consiguiéndose esto en la inferior por medio de esteras tendidas en el suelo y colocando los moldes sobre ellas.

164. ADORNOS DE YESO.—Es muy usado el yeso para hacer adornos moldeados, los cuales solo deben emplearse en sitios resguardados de la intemperie y de la humedad.

Con el nombre de *Staf*, se conoce un producto formado de yeso fino, polvo de creta y estopa, contenido en armadura de madera empotrada en la pasta. Preparada la mezcla de creta y yeso se engrasa el molde para evitar la adherencia y se cuela en él un delgado lecho de mezcla, sobre el que se extiende una capa de estopa que se aprieta con la mano, recubriendo de nuevo con yeso. En los sitios convenientes para dar rigidez al adorno, se introducen listoncillos de madera que forman una osamenta y que por donde es necesario se cruzan y ligan con alambre. Para más solidez, la estopa ó cáñamo se emplea formando trenzas entrelazadas ó mejor envolviendo con la pasta una trama metálica. La gran ligereza de los objetos moldeados de este modo, en razón á su poco espesor, su resistencia y elasticidad, hacen aplicable este producto á tableros decorativos de paredes ó techos y á grandes y pequeñas molduras con perfiles salientes ó recogidos.

165. ALABASTRO YESOSO ARTIFICIAL.—Se obtienen también mármoles artificiales para ornamentación, de la manera siguiente: se amasa yeso en una disolución de sulfato de potasa que contenga 30 por 100 de esta sal, se cuece y se tritura para amasarlo luego con agua al emplearlo. Fragua casi instantáneamente como el yeso, adquiriendo una dureza y solidez mucho mayor que éste, la cual se puede aumentar añadiendo un poco de arena.

ARTÍCULO VI.

Del betún mineral ó asfalto y de los combustibles.

166. BETÚN MINERAL, ASFALTO.—Es una sustancia más ó menos oleajinosa, procedente de cuerpos orgánicos y compuesta de carbono é hidrógeno en proporción considerable y de una pequeña cantidad de oxígeno. *(a)* Se ablanda con

(a) El betún asfáltico de la Isla de Cuba, tiene

el calor, arde con llama, da un humo espeso y exhala un olor peculiar; es insoluble en el agua y muy impermeable. Por lo general está mezclado con otros cuerpos, especialmente con calizas y areniscas y se presenta líquido como la *nafta* y el *petróleo*, viscoso como el *pisasfalto* ó *malta* y sólido como el *asfalto* ó *betún de Judea*.

El asfalto es compacto ó celular, frágil, con fractura concóidea, color negro de pez y brillo resinoso y se distingue por el olor que exhala al frotarlo, parecido al de la pez; ofrece composición variable en la que se encuentra una sustancia llamada asfaltina (soluble en el éter), resinas solubles en el alcohol y materias terrosas. Se funde á poco más de 100° y arde fácilmente con llama brillante.

El petróleo deja un resíduo de brea que convenientemente preparado, adquiere consistencia y sirve como asfalto y para embrear cuerdas.

167. PIEDRA ASFÁLTICA.—Es una ganga que contiene de 6 á 10 por 100 de betún y proporciona una materia que se resblandece cuando se la calienta. El mejor mineral es el que da una ganga caliza pulverulenta: la calcárea cristalizada es más inferior: cuando la ganga es una arcilla, el mineral, aunque impregnado de betún, es de tratamiento más difícil por el agua que encierra y da lugar á pérdidas: cuando la ganga es una roca arenisca ó feldespática fragmentaria, el betún se halla entre los granos, sin penetrarlos, no teniendo entonces valor, porque al calentarlo se separa y sobrenada.

El aspecto de las piedras de donde se extrae el asfalto, es como el de la piedra de yeso y su color como el del chocolate: en su fractura presenta cierta apariencia blanquecina, con grano fino, y examinada atentamente se ve que cada grano está envuelto en una capa casi atómica de betún que le une á su inmediato. Con el calor, el barniz aparece viscoso y con el frío queda seco, tomando la roca una dureza notable.

La piedra asfáltica de Valde Travers (Suiza), contiene 88 partes de carbonato de cal y 12 de betún puro. Las de Teyssel (Francia), 92 de cal carbonatada y 8 de betún. La de Limmer (Hannover), á la que se parece la de Chavarroche (Saboya), 83 de materias calizas y cuarzosas y 17 de betún.

La extracción de la piedra asfáltica en la cantera, se opera con facilidad y por los mismos medios que se emplean para las demás piedras, haciéndose su explotación á cielo abierto ó en mina, según los casos. La estructura particular de este material, hace, sin embargo, que el trabajo que en invierno es fácil por la dureza que tiene la roca asfáltica, se convierta en fatigoso y molesto en el verano con el calor, que ablanda el mineral y en ocasiones hasta imposibilita el arranque, pues que el banco se reblandece.

168. OBTENCIÓN DEL BETÚN Ó ASFALTO.—Cuando se encuentra solo, no hay que hacer otra cosa más que refinarlo sencillamente para quitarle las partes extrañas.

Si se halla entre arenas hay que reducir la masa á pequeños trozos, los cuales se echan en calderas de agua hirviendo. El betún pasa al estado líquido á 100° centesimales y llega á la ebullición á los 120 ó 130, con lo que las arenas se depositan en el fondo y la parte bituminosa sube, formando espuma, á la superficie, de la que se puede extraer con una espumadera para depositarlo en vasijas con objeto de que repose y pueda quitársele el agua por decantación. En este estado puede conservarse para emplearlo en los usos á que se destina. Si todavía se observase que el betún obtenido contiene cuerpos extraños, se repite la operación obteniéndose más puro con esta segunda ebullición.

En este estado, no se diferencia de la brea mineral que se obtiene por la destilación de la hulla y que es uno de los resíduos de la fabricación del gas para alumbrado, presentándose como una masa blanda, insoluble en el agua.

Si el betún está mezclado con tierras ó margas, se destila una parte del betún solidificado y se obtiene con la serpentina un aceite bituminoso con el que se disuelven en calderas especiales otras tres partes de betún sólido, consiguiéndose así que las gangas terrosas se vayan al fondo y que pueda obtenerse el betún por decantación.

169. FABRICACIÓN DEL MÁSTIC ASFÁLTICO.—Este mástic, llamado vulgarmente *asfalto*, es una mezcla de éste con piedra asfáltica.

Para preparar el mástic asfáltico se tritura, pulveriza y cierne la piedra caliza bituminosa y después se funde el betún con ella.

170. La pulverización se verifica de dos maneras: ó por el calor ó en frío. Para la pulverización por el calor se machaca la piedra hasta reducirla á

88,6 partes de carbono, 9,7 hidrógeno, 9 oxígeno y nitrógeno.

trozos de unos 6 á 7 centímetros cúbicos y se echan en unas cajas de palastro que se exponen á un fuego moderado y constante, con el que, al cabo de media hora, se produce el total ablandamiento de la piedra, y se consigue liquidar el betún separándose las materias calizas y reduciéndose á polvo. Hay que menear la masa á fin de que todos los trozos sufran por igual la acción del fuego, machacando los que no se hubiesen desagregado hasta reducirlos á polvo. Este medio presenta el inconveniente de una calefacción desigual, aunque se remueva constantemente la masa.

Se introduce también la piedra en cajas cerradas por las que se hace pasar una corriente de vapor á gran presión, pero este procedimiento empeora la calidad del betún.

La pulverización en frío se consigue por medio de un moledor, que es una piedra ó pieza de hierro que se hace funcionar de la misma manera que para la molienda del yeso. Antes de pulverizarla se reduce la piedra á trozos de 3 á 4 centímetros cúbicos y para impedir la conglutinación del material que el calor de la molienda desarrolla, se provee la maquinaria de una raspadera con la cual se verifica el movimiento sin entorpecimientos.

La molienda se efectúa también haciendo pasar la piedra partida entre los cilindros de un laminador, á los que se da una separación de 8 á 10 milímetros.

En la pulverización por el calor no se puede impedir la evaporación de las materias bituminosas que contiene la piedra asfáltica robándose además una parte esencial de sus principales condiciones. Por otra parte, el fuego, aunque lento al principio, toma luego un incremento que hace espeler los aceites volátiles y quema la materia alterándola notablemente.

Reducida á polvo la piedra asfáltica, se pasa por un tamiz de unos 5 milímetros de lado cada malla, con el que se retienen las partes más gruesas, que después de machacadas pasan otra vez por el tamiz y luego por otro más fino para lograr la completa pulverización.

171. El polvo obtenido por cualquiera de los dos procedimientos indicados, se combina por medio del fuego con el betún mineral (168) en la proporción de 8 á 14 kilogramos de éste por 100 de aquél. Para ello, se vierte el betún en grandes calderas cilíndricas de hierro en las que, con un fuego lento, entra bien pronto en licuación, y cuando ha adquirido una temperatura de 180 á 210°, de la que no debe pasar para que no se queme, es decir, cuando entra en su temperatura de volatilización, se le echa el polvo asfáltico bien seco (para no tener que evaporar el agua), por dosis de 25 kilogramos y se remueve constantemente.

Para este objeto tiene la caldera en su centro un agitador de paletas, con lo que se efectúa la mezcla íntima del betún con el polvo, continuando así hasta que la mixtura va á dejar de ser pastosa para convertirse en friable, lo cual se conoce en que se agarra al fondo de la caldera y en el color del vapor que despide la chimenea. El tiempo que debe estar expuesta al fuego la masa depende de la intensidad del hornillo, de la temperatura exterior, del viento y de otras influencias que los operarios prácticos pueden apreciar.

Después de bien incorporada la mezcla de estos productos, se saca de la caldera y se vacía en unos moldes de palastro que afectan la figura de *panes*, que es como los recibe la industria.

172. CONDICIONES DEL MÁSTIC ASFÁLTICO.—La bondad del mástic depende esencialmente de las proporciones en que entran las partes de que se compone: el exceso de betún le hace blando y si es muy duro se agrietea. Los másticos de buena calidad deben tener 6 por 100 de aceites, 60 de asfalto y 40 de materias terrosas. Los másticos artificiales producen malos resultados expuestos á la intemperie.

El mástic fabricado con betún refinado de Maestú (Álava) y rocas reducidas á polvo en frío de las calizas de dicho punto, contiene de 8 á 15 por 100 de betún el de 1.ª calidad; el de 2.ª es una mezcla por partes iguales de betún refinado, caliza bituminosa y caliza no bituminosa; el de 3.ª calidad tiene $^1/_3$ de betún y $^2/_3$ de caliza no bituminosa.

173. La brea mineral, resultado de la destilación de la hulla en la fabricación del gas para el alumbrado, llamada también *pez líquida de hulla* y el betún mixto llamado *de sebo* deben proscribirse por asfaltados de poco espesor.

El de hulla, hace el asfaltado quebradizo en invierno y flojo en verano y da al aplicarlo un olor insoportable. Además, siendo estos aceites muy volátiles, se evaporan pronto al contacto del aire y se gastan luego con el tránsito. El de sebo es más de temer todavía, pues la parte grasienta que encierra lejos de unirse al betún de impregnación del asfalto

le disuelve y hace una pasta maleable que dura poco tiempo.

Lo acabado de exponer manifiesta que hay que evitar los fraudes del comercio. Efectivamente, se hace masa asfáltica ó mástic, mezclando la brea recogida de la fabricación del gas á la que se ha extraído su materia aceitosa, con tres veces su peso de materia terrosa y caliza, desecada y pulverizada de antemano. Se distingue el mástic falsificado en que no tiene una transparencia tan grasa, deja una mancha amarilla sobre el ladrillo, cuando el legítimo la deja negra, y en fin, en que el bueno no produce ruido al doblarlo como el otro.

174. APLICACIONES DEL MÁSTIC ASFÁLTICO.—Fundidos los panes en calderas portátiles, como se dirá más adelante al tratar de los solados, se emplea en el revestimiento de cisternas, albercas, pisos, paredes, bóvedas, terrados, etc., que quieren librarse de la humedad.

También se embetunan con el mástic los tubos de hierro de conducción de aguas, para preservarlos de la oxidación, asegurando así su impermeabilidad.

Se hacen impermeables los ladrillos y se les da al mismo tiempo más consistencia, sumergiéndolos en brea mineral calentada á 150° centesimales durante dos ó tres horas para que se impregnen bien.

El asfaltado de los suelos se puede aplicar en climas húmedos ó fríos, mas no en los cálidos y secos, porque se reblandece con el calor y resultan incómodos por pegarse á ellos muchas veces los tacones del calzado y quedar impresa su huella.

175. CARBÓN MINERAL.—Procedentes de la acumulación y carbonización de materias vegetales se presenta el carbón mineral como *antracita, hulla, lignito* y *turba*.

La *antracita* ó *hulla brillante*, es una materia carbonosa, de color negro y á menudo con irisaciones, compacta ó escamosa, opaca y ágria, de fractura concóidea ó astillosa, brillo vítreo y con un peso específico de 1,4 á 1,7. Contiene de 80 á 90 por 100 de carbono, 4 á 12 de sílice y cenizas, un poco de azufre y el resto de materias volátiles. Arde con dificultad, á no haber gran corriente de aire, haciéndolo sin llama ni humo y se fragmenta y cubre pronto de cenizas.

La *hulla*, *carbón de piedra* ú *hornaguera*, es también de color negro ó negro agrisado, tierna y opaca, pizarrosa, compacta, terrosa ó deleznable, de fractura concóidea desigual ó pizarrosa y brillo craso, con un peso específico de 1 á 1,6. Tiene menos carbono que la antracita, pero mayores cantidades de materias terrosas, arcilla, cal y sulfuro de hierro. Arde fácilmente con llama larga ó corta y se aglutinan sus fragmentos. Se distinguen tres variedades: la *grasa*, que contiene abundancia de carbón y sustancias volátiles, es hojosa y térrea, se aglutina fácilmente y arde con mucha facilidad; la *seca*, semejante á la antracita, compacta y dura, se aglutina poco y es de difícil combustión; y la *mixta*, que tiene propiedades intermedias entre las anteriores, arde fácilmente con llama muy larga, sin aglutinarse los fragmentos. De la destilación de la hulla, procede el cok y el gas del alumbrado.

El *lignito*, llamado también *carbón pardo*, es de color pardo oscuro ó negro, textura compacta, fibrosa, pizarrosa ó terrosa, brillo craso débil ó mate y tiene un peso específico de 1,2. Contiene carbono en proporciones de 55 á 75 por 100 con los otros cuerpos, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y sustancias térreas. Arde fácilmente con llama larga, desprendiendo mucho humo y olor bituminoso y no se aglutinan sus fragmentos ni aumenta de volumen. Hay cuatro variedades: el *común*, que es más ó menos compacto y fibroso; el *terroso*, llamado tambien *tierra de sombra ó de Colonia*, terroso y de color pardo; el *azabache*, que es negro, compacto, duro, de fractura concóidea y susceptible de recibir pulimento; y el denominado *madera fósil*, que tiene poco carbonizados los restos vegetales de que procede.

La *turba* es un agregado de restos vegetales en estado de carbonización poco adelantada, formando un tejido más ó menos compacto, de color negro ó pardo y cuyo aspecto varía. Su composición es aproximadamente de 57 á 60 por 100 de carbono, 31 á 33 de oxígeno, 5 á 6 de hidrógeno y el resto de partes terrosas. Arde fácilmente, con llama casi siempre aunque escasa y despide mucho humo y un olor desagradable, dejando resíduos más ó menos porosos y ceniza. Se distinguen dos variedades: la *compacta* ó *pisiforme*, de color pardo, sólida, homogénea, de fractura terrosa y resinosa, brillante á veces, y la *fibrosa*, parecida al fieltro, formada de un tejido de fibras y otros restos vegetales. Se emplea la turba en forma de ladrillos desecados al sol y prensados ó convertida mediante la carbonización en un cok, de inferior calidad al de la hulla, pero de mayor potencia calorífera que la leña.

ARTÍCULO VII

Del vidrio empleado en la construcción.

176. VIDRIO Y CRISTAL.—Se designa con la palabra genérica de *vidrio* un cuerpo amorfo, transparente, elástico, quebradizo y sonoro á la temperatura ordinaria, blando, dúctil y fusible á elevada temperatura y que se reblandece al soplete siendo entonces fácil de trabajar y susceptible de recibir distintas formas; es insoluble en el agua é inalterable en el frío por los álcalis enérgicos y los ácidos fuertes, excepto el fluorhídrico: es mal conductor del calórico y de la electricidad, y tiene la propiedad de dejar paso al calor del sol y de interceptar los rayos caloríficos de nuestros hogares.

Es de composición química variable, pero puede considerarse como un silicato doble de potasa ó sosa y cal ú óxido de plomo. Cuando es á base de cal conserva el nombre de *vidrio* y tiene de densidad de 2,3 á 2,7, y cuando tiene por base el plomo toma el nombre de *cristal*, con una densidad de 3,2 á 3,6, siendo más blando y más dúctil y exigiendo una fabricación más esmerada.

Entre los vidrios, las principales variedades son: 1.°, el *de botellas*, compuesto de sílice, sosa, cal, alúmina y óxido de hierro; 2.°, el *de vidrieras, hueco* y *de espejos*, que contiene las mismas sustancias que el anterior menos el óxido de hierro, y 3.°, el *de Bohemia* y *crown-glass*, compuestos de sílice, potasa, cal y alúmina el primero, y una pequeña parte además de óxido de manganeso el crown-glas, que es el empleado en los cristales de anteojos, lentes y otros instrumentos de óptica.

El *cristal* se compone de sílice, potasa y óxido de plomo, denominándose *flint-glass*, el que tiene además cal y alúmina y se destina para la fabricación de las lentes acromáticas de los anteojos de larga vista. El cristal llamado *strass* es una variedad del anterior más cargado de plomo y sin cal. El *esmalte* está compuesto de sílice, potasa, óxido de plomo y ácido estáñico, fosfato de cal ú otro cuerpo opaco.

177. FABRICACIÓN DEL VIDRIO.—Para obtener el vidrio común de vidrieras, que es el interesante para la construcción, se emplea la arena blanca, como la de Villafranca del Panadés, la sal de sosa ó el sulfato de sosa, mezclado con carbón, cal, un poco de creta y de óxido de manganeso. Reducidas estas materias á polvo se las mezcla perfectamente y se introducen en los crisoles donde han de sufrir la fusión para transformarse en vidrio.

Los crisoles, que son de tierra refractaria muy pura, se colocan en un horno cuya bóveda tiene aberturas por donde se introduce la masa en los crisoles y se saca el vidrio. Al poco tiempo de estar la materia expuesta á una temperatura elevada, principia á fundirse y las impurezas y parte de las materias no descompuestas sobrenadan formando una espuma llamada *hiel de vidrio*. El operario agita frecuentemente la masa y cuando está á punto quita la espuma, y al cabo de una media hora de reposo se principia á trabajar.

Para ello se emplea la *caña*, que es un largo tubo de hierro cuyas extremidades están ensanchadas y que está recubierto en parte por un mango de madera para poderlo coger sin quemarse. El operario calienta la caña, la introduce luego en uno de los crisoles y retira un poco de masa, á la que da la forma esférica, agitando la caña en todos sentidos; en seguida sopla dentro de ésta para dilatar la esfera y después se le da la forma plana con una horquilla de madera sobre una losa de piedra muy lisa, dispuesta en un horno para que esté caliente; pasan luego los vidrios al departamento del recocido, y terminado éste, se llevan al almacén donde se les corta al tamaño conveniente.

El vidrio así obtenido, llamado *cristal de nudo*, tiene el inconveniente de que en su centro presenta un núcleo grueso de un efecto desagradable y no permite obtener vidrios de grandes dimensiones. Son también poco planos y reflejan de un modo desagradable.

178. El otro vidrio se obtiene desarrollando sobre una mesa perfectamente plana y unida, limitada por unas reglas movibles que fijan el ancho y grueso del vidrio, un cilindro ó manchón de pasta de vidrio hendido en el sentido de las generatrices y pasando después sobre la pasta y las reglas un cilindro macizo que extiende el vidrio uniformemente. Este se pule si es necesario. El manchón se obtiene por la sopladura y el vidrio puede tener las dimensiones que la fuerza del soplador puedan darle.

179. Se fabrica tambien por medio de una máquina que consiste en un laminador compuesto de dos cilindros colocados uno encima del otro y puestos en movimiento por manubrios. La distan-

cia á que se colocan los cilindros determina el grueso de vidrio. Una mesa algo inclinada destinada á recibir la lámina toca casi tangencialmente al cilindro inferior. La pasta de vidrio fundido se introduce entre los cilindros y con el movimiento de éstos pasa por entre ellos y sale por el lado opuesto con el grueso requerido, depositándose sobre la mesa. Esta se compone de secciones transversales paralelas unidas á una cabeza sin fin, y los cilindros, así como sus muñones están huecos, de modo que puede penetrar en el interior un chorro de vapor de agua, que regula su temperatura evitando una expansión excesiva. Pueden obtenerse por este procedimiento, vidrios de grandes dimensiones, puesto que el solo límite que hay es la longitud de los cilindros y se pueden fundir toda clase de vidrios cóncavos y convexos, lisos, estirados ó rayados ó con molduras y dibujos en una ó en las dos caras. El dibujo, la moldura ó la curva se graba en la superficie de uno de los cilindros para obtener el relieve, y luego en el otro cilindro para conseguir el resultado opuesto.

180. DIFERENTES CLASES DE VIDRIOS. —Para las distintas necesidades de la construcción se fabrican varias clases de vidrios que se distinguen por su forma en *planos*, *estriados*, *cuadrillados* y *curvos* y por su transparencia en *blancos* y *de colores*. Entre los blancos los hay *incoloros*, *cuajados* y *translucientes* ó *raspados*.

Los vidrios *planos* salen de las fábricas con gruesos variables; los sencillos, comunes ú ordinarios que se destinan á puertas, ventanas ó balcones, tienen unos 2 milímetros, con un peso de 5 á 6 kilogramos por metro cuadrado; el vidrio *doble* es de 5 á 6 milímetros y el *triple* de unos 6.

Se hacen tabletas para las persianas con vidrio grueso transparente, esmerilado ó raspado, cuajado, estriado ó de color, dándoles un ancho de 3 á 8 centímetros, con un grueso proporcionado á su longitud, la cual está comprendida entre 30 y 50 centímetros.

Se fabrican baldosas de vidrio para pisos que hayan de dejar paso á la luz, dándoles un grueso mayor de 14 milímetros, siendo su mayor dimensión superficial de 138 por 81 centímetros.

181. Los vidrios *estriados ó rayados*, se fabrican valiéndose de moldes á propósito, con una cara estriada ó rayada (que se pone del lado de la luz) y la otra lisa: se hacen también con nervios formando rombos, como indica la *fig. 46*, para darles más resistencia. Su espesor es de 4 á 6 milímetros y su peso de 12 á 13 kilogramos por metro superficial, fabricándose en piezas de 2^m50 de longitud por 0^m50 de anchura. Tienen la ventaja de hacer más suave el paso de la luz, evitar las miradas indiscretas y disminuir el calor, porque esparramando los rayos del sol propenden á producir los efectos de una lente.

Las baldosas *cuadrilladas* tienen por una cara acanaladuras formando cuadrícula, según demuestra la *fig. 47* y un espesor de 20 á 35 milímetros, siendo de 3 á 4 el saliente de sus cuadrados ó pirámides cuadrangulares trunadas. Su peso por metro cuadrado es de 50 á 80 kilogramos y las dimensiones de cada losa de 30 centímetros de lado. Resisten 250 kilogramos por centímetro cuadrado de sección.

Esta clase de baldosas se fabrican también con un núcleo de tela metálica ó alambrado, denominándose entonces de vidrio *armado*.

Para pisos de patios que han de alumbrar á los sótanos inferiores y sufrir el peso de caballerías y carruages, se fabrican piezas cúbicas de 165 milímetros de lado *(fig. 48)*, cuyo peso es de 9 kilogramos.

Los vidrios *curvos* son como las tejas ordinarias de barro, de figura cónica ó de doble inflexión, en forma de S, empleándose en cubiertas que hayan de ser transparentes. Tienen el grueso de los vidrios comunes ó de los dobles, pesando 5 á 6 kilogramos por metro cuadrado los primeros y unos 12 los segundos.

182. Vidrios *incoloros* son los que salen transparentes de la fábrica y no han sufrido más operación que el corte á las medidas usuales.

Se llaman *cuajados* los vidrios blancos y traslúcidos que se obtienen al tiempo de la fabricación, añadiendo á la masa huesos molidos y tamizados.

El vidrio *transluciente*, *raspado ó esmerilado*, se obtiene haciéndolo correr, cuando está todavía caliente, sobre una mesa enlucida de arena ó yeso, produciéndose un vidrio enarenado. Se consigue también el objeto de dejar translucido el vidrio común, frotándolo con esmeril ó asperón. Otro método consiste en atacar el vidrio con ácido clorhídrico por cuyo medio se quedan más ó menos traslúcidos, según estén más ó menos tiempo sometidos á su acción ó sea más ó menos fuerte la disolución del ácido. Por este procedimiento se hacen grabados ó dibujos mates blancos en el vidrio, cu-

briendo con un baño de cera en trementina la parte que haya de quedar transparente, el cual se quita después. Para recibir el ácido gaseoso se coloca la pieza dentro de una caja de plomo, en cuyo fondo se ha puesto el fluoruro de calcio y el ácido sulfúrico que reaccionando producen el ácido fluorhídrico, para favorecer cuya reacción se calienta la caja. Así que el cristal está grabado, se lava con agua para que arrastre el ácido; después se frota fuertemente y se limpia con alcohol, á fin de quitarle el barniz que ha servido para conservar intactas las partes que han de quedar transparentes. Los vidrios planos así obtenidos toman el nombre de *muselinas*.

Se han ideado cristales traslúcidos, perforados por agujeros cónicos en número de 5.000 por metro cuadrado, para emplearlos como ventiladores de las habitaciones.

183. Se da color á los vidrios de dos maneras distintas: antes de fundir la mezcla con la adición de diferentes sustancias, que es el mejor medio y aplicable solo cuando ha de tener un tinte uniforme, y después de fabricado el vidrio con la aplicación en una de sus caras de un baño fusible, volviéndolo á meter en el horno á un calor moderado que le reblandezca solamente y funda sin embargo el baño. Este se hace con vidrio muy fusible, coloreado como el del primer procedimiento, el cual se muele perfectamente y se pasa por tamiz, volviéndolo á moler en una placa de vidrio con moleta de la misma clase y adicionando como fundente el borax, algún silicato de plomo ú otros, mezclándolos con esencia de trementina. Se aplica este color con un pincel á una de las caras del vidrio y cuando está seco se mete en un horno de reverbero. Se le da el color azul de záfiro con óxido de cobalto, el azul celeste con deutóxido de cobre, el verde con óxido de cromo, el rojo púrpura con protóxido de cobre, el violado con peróxido de manganeso, el rojo ó rosado con oro, el amarillo con cloruro de plata y carbón en polvo, el amarillo canario con óxido de uranio y para rosa y rojo rubí una composición especial en la que entra el oro.

184. Un nuevo procedimiento consiste en una pintura más ó menos importante como decoración hecha con colores especiales, indescomponibles, fijados enseguida por una cristalización de vidrio molido que los hace del todo inalterables: un doble vidrio mantiene esta cristalización y un filete de goma elástica cierra herméticamente la separación de los dos vidrios, preservando la pintura de la acción del aire y de la introducción del polvo ó de cualquier cuerpo extraño, así como impide la condensación de los vapores acuosos de la atmósfera.

185. LADRILLOS DE VIDRIO.—Se fabrican ladrillos con los resíduos de las fábricas de vidrio y restos de sílice unidos á la arena, cuya mezcla se moldea sometiéndola á una fuerte presión y después se cuece en hornos á la temperatura de 1500 grados pirométricos. Se emplean en las fábricas de productos químicos.

Se hacen tambien de vidrio traslúcido, fabricándose como las botellas ordinarias de forma cúbica ó prismática, con base rectangular ó poligonal cualquiera y siempre huecos, aunque cerrados por todas sus caras.

186. CONDICIONES QUE HA DE TENER EL VIDRIO.—Los vidrios planos han de ser perfectamente claros, sin tinte alguno verdoso ó violado, sonoros y transparentes, y si son de colores, éstos han de presentar un tinte igual en toda la pieza y hasta en las diferentes que reunidas se han de emplear en un mismo objeto. Tanto unos como otros, han de estar exentos de burbujas, estrias, nudos, hinchaduras, estrellas, cascaduras ú otros accidentes que puedan perjudicar su homogeneidad, solidez y transparencia.

El cristal que es colado en moldes y el vidrio que se hace por el soplo, se distinguen en que el primero tiene más regular ó uniforme su grueso y su superficie es tambien más unida y mirada al sesgo no refleja como lo hace el vidrio. Además los glóbulos son esféricos en el cristal y prolongados en el vidrio.

ARTÍCULO VIII

De las mezclas comunes é hidráulicas.

187. COMPONENTES DE LAS MEZCLAS.—Las mezclas para construcción se forman con varios ingredientes reducidos á polvo y amasados con agua y alguna vez con aceite. Estos ingredientes son: las tierras ó arcillas, las arenas, el yeso, las cales, los cementos, las puzolanas y las cenizas.

De aquí resultan las mezclas de *tierra* y de *yeso* hechas con estas sustancias solamente y el agua, y las de *cal* que son de dos clases: *comunes*, si se componen con cal común y arena, é *hidráulicas*, si

la cal es hidráulica ó es un cemento, ya sean una ú otros naturales ó artificiales.

188. DE LAS ARENAS.—Son generalmente las arenas detritus de rocas de diferentes naturalezas; por lo que las hay *cuarzosas*, *graníticas*, *calizas* y *volcánicas*. Estas últimas se conocen con el nombre de *puzolanas*, de que ya se ha hablado (127). Unas y otras tienen su empleo en la confección de morteros ó mezclas.

Consecuencia de la formación de las arenas, tienen diferentes tamaños, denominándose *finas* ó *gruesas*, según se parezcan al polvo ó á un cañamon. Cuando tienen mayores dimensiones se llaman *guisantillo*, *garbancillo* y *almendrilla* ó *gravilla*, según tienen el tamaño de estos frutos. *Guijo menudo* ó *grava*, se llama cuando su tamaño está entre el de la almendra y el huevo; *guijo grueso*, cuando es mayor que el huevo y menor que el puño, y *morrillo*, *canto rodado* ó *rollo*, cuando es mayor.

Las arenas se encuentran de varias maneras: ó formando las playas del mar ó los lechos de las corrientes de agua por las que han sido arrastradas, ó en depósitos ó minas procedentes de aluviones, mezcladas con alguna parte térrea y cubiertas generalmente con una capa de esta sustancia. Las que se encuentran en los macizos de roca, actualmente en vías de descomposición, se denominan arenas *vírgenes*, son rudas y angulosas y no deben emplearse sino bien lavadas.

189. Las *arenas de mar* están impregnadas de sales delicuescentes que les dan malas propiedades para morteros y son por esta circunstancia desechadas.

La de *río*, aunque es la más limpia y la más generalmente empleada, tiene el defecto de estar muy redondeada y no adherirse bien á la cal.

Las *arenas de mina ó fósiles* como se las llama también, contienen alguna parte de tierra que perjudica á los morteros haciéndolos jabonosos y retardando su fraguado.

Este defecto se nota tomando una poca en la palma de la mano ó echándola en una hoja de papel blanco y limpio y frotándola. Si está sucia, deja en la mano ó en el papel el polvo que contiene cuando se vierte la arena al suelo. Otros la echan en un vaso con agua, la remueven fuertemente y si la enturbia es prueba de que contiene tierra.

190. Por lo tanto, la arena debe buscarse que sea silícea, vidriosa, diáfana, áspera al tacto, que restregada haga ruido y que se halle limpia de materias extrañas, por lo que deben desecharse las que humedecidas y apretadas en la mano formen una masa, y especialmente las que contengan sales alcalinas que den lugar á la formación del salitre, tan destructor de las fábricas.

Por mi parte, he podido observar además que la arena blanca da muy malos resultados, lo contrario que he visto en las de color rubio oscuro. La arena de mar debe lavarse en agua dulce ó exponerla durante algún tiempo á la acción de las lluvias, extendida en capas de $0^{m}3$ de espesor. Tanto en ésta como en la de río debe preferirse la que haya en las orillas, que no ha sufrido tanto arrastre y no está por lo mismo tan redondeada como la del centro.

Debe también exigirse en la arena que no contenga sustancias que aumenten de volumen al mojarse, porque harían saltar el mortero resultando oquedades perjudiciales.

En arenas cuyos efectos se desconocen, nada mejor puede hacerse que experimentos, mezclando muestras de ellas con las cales ó cementos en diversas proporciones, pues arenas sucias y de dudoso aspecto dan muchas veces mejores resultados que las que se presentan limpias y de buena apariencia.

La elección de las arenas depende también de la clase de cal. Las gruesas deben emplearse con preferencia para las cales comunes, excepto en enlucidos ó sitios donde el mortero deba ser fino, en cuyo caso debe cribarse la cal mezclada ya con la arena por ser más fácil de este modo que pase por el tejido. Las cales hidráulicas, por el contrario, exigen arenas de grano fino. No obstante, deben hacerse diversas mezclas como ensayo con las cales y arenas de que se disponga, y en vista del resultado que arrojen adoptar la más conveniente, pues tanto las arenas como las cales, pueden tener sustancias ignoradas que favorezcanó perjudiquen según los casos.

El empleo de la arena debe ser inmediato para que el sol y los hielos no tengan tiempo de convertirla en tierra, á no ser que el montón en que se guarde sea muy grande ó se halle á la sombra. De no hacerlo así, conviene lavar las arenas antes de su empleo, con lo que se consigue doble resistencia en los morteros.

191. Pensando en el origen de las arenas se comprende que pueden hacerse artificialmente supliendo la fuerza del hombre á la incesante del tiempo, cuando la escasez lo pida.

Así, los detritus de piedras en las canteras, las pequeñas piedras procedentes de demoliciones y de otros puntos y, en general, toda piedra puede, machacada, triturada y reducida á grosero polvo, ser pasada por tamiz y constituir una arena que podrá ser mejor si se puede calcinar con algunos haces de leña.

Pueden también suplirse las arenas con polvo de barro cocido, cosa que en ninguna parte escasea y también con el vidrio triturado.

192. CONDICIONES DEL AGUA PARA MEZCLAS.—El agua para la fabricación de las mezclas debe ser lo más pura posible, debiendo desecharse toda la que sea salada siempre que no se tenga una seguridad, acreditada por la experiencia, de que las sales no han de perjudicar. Si estas sales son alcalinas, producen salitre en la obra, lo cual es su mayor enemigo.

El agua de manantial ó filtrada debe procurarse que no contenga sustancias minerales ú orgánicas, dejándola por algún tiempo expuesta al aire si es de pozo para que vaya perdiendo su frialdad, pues cerraría los poros de la cal quedando de este modo mal apagada ó impidiendo la cristalización de las mezclas.

El agua de río debe ser preferida, según Fleuret, á todas las filtradas, puesto que éstas contienen en disolución sales diferentes, de lo que aquélla está poco cargada por correr entre arenas.

Las mezclas hechas con el agua de mar tienen una desecación lenta sacando á la superficie eflorescencias salinas que son malsanas, por lo que se debe desechar para construcción de habitaciones.

Según Belidor, en trabajos que se han ejecutado con agua de mar, en unos se ha obtenido buen éxito, teniendo en otros por el contrario mal resultado. Smeaton en el faro de Edystone, Michaux en la isla de Elva y Treussart en sus experiencias, convienen en la buena calidad del agua de mar para las mezclas. De todo, sin embargo, resulta que puede ser buena en ciertas circunstancias, pero no de un modo absoluto.

193. OBJETO DE LAS MEZCLAS.—El destino de las mezclas es llenar los huecos que dejan entre sí los diversos materiales que entran en una fábrica, uniendo unos á otros y adhiriéndoseles de modo que formen un todo de una dureza homogénea. Sirven también para resguardar ó proteger las superficies aparentes de una construcción.

Por manera, que deben considerarse bajo el punto de vista de su adherencia á los materiales y de la resistencia que adquieren por sí mismos, bajo el de su prontitud en fraguar ó tomar cuerpo aisladamente ó en su unión con los materiales, y en fin, bajo el aspecto de la inalterabilidad á las diferencias de temperatura y al transcurso del tiempo.

Para que las mezclas puedan satisfacer al objeto de unir los materiales, la pasta debe ser lo suficientemente blanda para que éstos se formen por su propio peso ó mediante una ligera presión, un lecho conveniente que les dé completa estabilidad.

194. BARRO Ó MEZCLAS DE TIERRA Ó ARCILLA.—La más económica de las mezclas es la que se hace con tierras ó arcillas. Su poca consistencia hace su uso poco común en construcciones expuestas á la intemperie si no es en obras groseras ó provisionales, y aun en éstas deben librarse de la humedad.

Tienen sin embargo aplicación en la construcción de hornos, hornillos y demás sitios en que el calor es bastante fuerte para operar la cocción de la arcilla convirtiéndola en una piedra artificial como el ladrillo y donde las otras mezclas presentarían el inconveniente de fundirse y provocar la fusión de los materiales.

Para fabricar estas mezclas se buscan tierras francas y un poco grasas, libres de piedras, para lo que se las desmenuza y pulveriza, y cuando están bien limpias de piedras, se amasan con las manos, la azada ó la *batidera (fig. 21)*, sobre una era ó superficie plana, batiendo la masa lo suficiente para reducirla á una pasta pegajosa y homogénea. Algunas veces se la añade paja, heno ó yerbas secas y aun cal si la hay, para darle más consistencia ó hacerla más docil.

Cuando ha de servir para hacer un horno se mezclan dos partes de tierra pasada por tamiz con otras dos de tierra caliza agregando una parte de arena y algunas veces hasta tres, si la tierra es muy arcillosa.

195. MEZCLAS Ó MORTEROS DE YESO.—Otra de las mezclas en que no entra más que una sustancia á componerla con el agua es el yeso. Según los usos á que ha de destinarse, se amasa el yeso claro ó espeso. En el primer caso, se llama amasar *suelto*, y en el segundo, *trabado*. Para este último entran $0^{m3}720$ á $0^{m3}810$ de agua por 1^{m3} de polvo de yeso y se emplea para el uso general que es la unión de los materiales, pues es el que necesita en estos casos una pasta firme. El amasado suelto es

el que contiene más agua que yeso y se emplea en enlucidos, refinar las molduras, etc., y para rellenar huecos que por su estrechez ó profundidad son inaccesibles á la mano del hombre.

El amasado se hace con las manos en un cuezo ó artesilla generalmente y en cantidades pequeñas y solo las precisas para su inmediato empleo. Se echa antes el agua que el yeso, para mezclar despues éste poco á poco é ir embebiendo con más igualdad el agua.

Del amasado resulta que 1^{m3} de polvo de yeso da $1^{m3}180$ de mezcla, adquiriendo un aumento de 5 por 1000 á la hora de amasado y del doble á las 24.

196. También se amasa el yeso con arena, cal, alún y óxidos metálicos. Mezclado con arena, de la que puede aguantar hasta el doble de su volumen, toma una dureza extrema habiéndose hecho losas con esta mezcla. Donde escasea el yeso, se le mezcla una mitad de arena para forjar cornisas.

El modo de mezclarlo con la cal es reduciendo ésta á lechada y haciendo con ella y con el yeso la masa conveniente. Una parte de yeso con tres de mezcla de cal y arena, neutraliza con su aumento de volumen la disminución que sufre la cal y sirve para hacer revoques á la intemperie evitando las grietas que se producen con el empleo exclusivo de la cal.

Para preparar el yeso con alún se da á aquél una primera cocción á fin de quitarle el agua de cristalización; inmediatamente después se echa en un baño de agua saturada de alún. Á las seis horas se le retira y después de seco se le hace sufrir una segunda cocción hasta el rojo moreno. Pulverizado después, puede emplearse como el yeso ordinario, aunque generalmente se le amasa en una disolución de alún. Fragua menos pronto que el yeso ordinario, endurece más y toma mejor aspecto, pues es menos mate y algo transparente, por lo que sirve para imitar el mármol.

Mezclado el yeso con ocre amarillo toma el aspecto de piedra caliza y con rojo ó moreno el del ladrillo. El ocre amarillo con algo de negro da al yeso amasado el aspecto de granito.

Se ha observado que hay cierta relación entre la resistencia del yeso empleado en una obra y la de la piedra de donde procede, pues en igualdad de circunstancias es tanto más resistente un mortero de yeso cuanto más dura y compacta es la piedra aljez de que proviene. Pero se le da más consistencia mezclando al agua con que se amasa un 10 por 100 de silicato de potasa.

197. El empleo del yeso debe ser inmediato por la extraordinaria prontitud con que se une, traba y consolida ó toma consistencia, á lo que se llama *fraguar*, pudiendo retardarse algo removiéndolo continuamente para no darle lugar á que se *muera*, es decir, á que pierda su cohesión.

Este endurecimiento es tan rápido cuando el yeso es puro, que no da tiempo para amasarlo y emplearlo, pues que se *reviene*, por lo que, aunque se le quite mucha fuerza y cohesión se debe emplear mezclado con arcilla plástica, y de este modo no se reviene tan repentinamente y da tiempo para que el albañil pueda emplearlo.

Los yesos ordinarios suelen secar más lentamente y aún no logran secar del todo si el tiempo es húmedo, de donde resulta la ventaja de emplear el yeso en tiempo seco.

198. MORTEROS DE CAL Ó ARGAMASAS.—Aunque las cales pueden emplearse reduciéndolas á pasta por medio de la adición de agua, como el yeso, no sucede así sin embargo porque se resquebrajan al secarse, á consecuencia de la contracción que experimentan, perdiendo por lo tanto su trabazón, y los morteros son generalmente mezclas en diversas proporciones de la cal con otras sustancias.

El que más ordinariamente se emplea es la arena, materia inerte, cuyo objeto es el de dividir la cal haciéndola porosa para que pueda absorber el ácido carbónico que la endurece.

En la cal reducida á polvo, el amasado produce una contracción de 0,62 á 0,80 de pasta por un metro cúbico de polvo; y mezclada con arena, como la cal ocupa los huecos de aquélla, resulta que al mezclar estas dos sustancias hay una disminución considerable de volumen, considerando el que tienen aisladamente las dos sustancias. Esta disminución varía según la cal y arena que se empleen, pero puede admitirse que es la cuarta parte de la suma de los dos volúmenes.

199. También se mezcla la cal con tierra que, si es arenosa, da buenos resultados con la cal grasa. En algunas partes produce buen efecto el mortero compuesto de dos partes de argamasa de cal y arena y una de tierra procedente de derribos y llamada *morteriza*, y también mezclando 0,300 metros cúbicos de cal con 0,400 de arena y 0,432 de tierra.

Loriot creyó encontrar el secreto de los morteros que empleaban los romanos, y después de va-

rias pruebas vió que mezclando al mortero común una quinta parte de cal viva en polvo se conseguía este resultado. Esta proporción varía, sin embargo, con la calidad de la cal y con lo reciente que esté la calcinación de ésta empleándose menos cuanto menos tiempo haga que está calcinada. Para averiguar esto, se observa que al echar los polvos de cal en el mortero, sucede una fermentación, efervescencia, hervor ó movimiento acompañado de calor, y éste es tanto más inmediato cuanto más reciente es la cal. Haciendo una prueba se verá que, si se echa más cal viva de la necesaria, la fermentación se verifica con suma rapidez sin dar tiempo para emplearla, y si se echase poca, obrará la mezcla con gran lentitud sintiéndose apenas.

El Doctor Artus ha encontrado un mortero que, empleado en cimientos, endurece en cuatro días de modo que el hierro no puede penetrarle y que está como la piedra á los dos meses. Para ello, mezcla una parte de cal apagada y tres de arena muy tamizada, agregando al tiempo del empleo $^3/_4$ de su peso de cal viva finamente pulverizada.

También el azúcar se une con la cal y forma el sucrato de cal, cuerpo que posee una cohesión considerable, se disuelve libremente en el agua y sobre él actúa el ácido carbónico. En morteros comunes de cal y arena parece que el azúcar les da mayor cohesión y acelera su fraguado, como sucede en la India, donde se acostumbra mezclar al agua el azúcar impuro. En el interior de gruesos muros donde el fraguado del mortero común es muy lento, sería ventajosa la mezcla de esta sustancia sacarina porque aceleraría el endurecimiento. No sucede lo mismo en el exterior de paredes en las que el ácido carbónico del aire ataca esta mezcla, y menos conviene en muros expuestos á frecuentes lluvias, pues siendo soluble el sucrato de cal, el agua lo haría desaparecer; de aquí que presente utilidad y se emplee en climas secos como el de la India.

Á causa de estos dos hechos, el uso del azúcar presenta pocas ventajas.

200. COMPONENTES DEL MORTERO COMÚN.—La proporción de las materias que deben entrar á componer un mortero común es de la mayor importancia; debiendo atenderse no solo á que den el mejor resultado, sino á que sea con el menor gasto posible, considerando para ello que tanto la mezcla que tenga un exceso de cal como la que esté escasa, resultan tan deleznables y flojas que no sirven para trabazón de los materiales. Además, la mezcla de cal con la conveniente cantidad de arena no solo sirve para aumentar el volumen, si no para evitar esa desecación rápida que de otra manera se obtendría y que haría contraer repentinamente el mortero, produciendo grietas que perjudicarían la cohesión íntima de los materiales. La proporción varía también según que el mortero se haya de emplear al aire ó bajo la influencia de la humedad, debiendo ser mayor la cantidad de cal para debajo de tierra ó en sitio húmedo que al aire libre.

La cantidad de cal depende del hueco que tienen las arenas, el cual se averigua por medio del agua que se vierte en un volumen dado de arena.

En arenas de río ligeramente húmedas, cuyo grueso es de $0^{m}0003$ á $0^{m}0015$, manifiesta Claudel que el agua que se embebe es de $0^{m3}310$ á $0^{m3}380$ por metro cúbico y si se comprimen sale el agua á la superficie reduciéndose los huecos á $0^{m3}180$ ó á $0^{m3}220$. Raucourt dice que la arena de $0^{m}002$ á $0^{m}004$ de grueso embebe $0^{m3}420$ y la de $0^{m}011$ á $0^{m}014$ absorbe $0^{m3}500$.

Como se ve, la cantidad de arena que puede entrar á componer un mortero, varía entre tres y dos volúmenes por uno de cal, que debe medirse apagada, necesitándose por lo tanto menos de ésta cuanto más fina es la arena.

La práctica confirma esto mismo, pues esta es la proporción en que se mezclan la arena y la cal en la mayor parte de las obras, si bien se hace en partes iguales para refinos y mezclando hasta cuatro de arena por una de cal en ciertos rellenos que necesitan poca consistencia. Para mezclas que han de tener la proporción de un volumen de cal por dos de arena, entran de $0^{m3}300$ á $0^{m3}400$ de aquélla, por $0^{m3}820$ á $0^{m3}720$ de arena con $0^{m3}500$ de agua. Cuando la cal y la arena se han de mezclar por partes iguales, entran $0^{m3}560$ de cal y $0^{m3}560$ de arena.

201. AMASADO.—Las mezclas se verifican en artesones grandes de madera ó formados de ladrillo, y lo que es más comun, en el mismo suelo después de bien apisonado y limpio. Se echa la arena y la cal apagada (que debe ser tamizada ó cernida para quitarle las piedras) en las proporciones convenientes formando un monton en el que con la humedad que tanto la cal como la arena contienen, se reduce aquélla completamente á polvo, desapareciendo los grumos que tuviera procedentes de la mala extinción y que luego en el mortero ocasio-

nan palomillas de cal pura y viva que producen la esfoliación y atacan la homogeneidad.

Treussart, en los trabajos de Strasburgo, apagaba la cal por medio de la inmersión ó riego la tarde antes del amasado, hacía la mezcla de la cal con los otros ingredientes una infinidad de veces por medio de las batideras, sin echar agua, y de este modo podía quitar las piedras y fragmentos de cal mal apagados.

Bien mezcladas la cal y la arena, se hace una masa grosera por medio de la adición paulatina del agua y con azadas ó batideras, de manera que forme una pasta como la de fabricar ladrillos, siendo conveniente dejarla descansar en este estado algun tiempo antes de su empleo. Si esto no es posible, se hacen cortas cantidades de esta mezcla y se la bate bien en todos sentidos para que se embeba bien el agua. Esto se hace de modo que cuando el obrero tira para sí la batidera, lleva hacia él la mezcla, y frota ésta con el hierro como aplanchándola al tiempo de separarla en pequeñas porciones. De este modo, y no cesando en la manipulación hasta que no esté hecha la mezcla, lo cual se conoce cuando resudado que esté algún tiempo, no se distingan las materias de que esté formado, se consigue un mortero suave. La presencia de muchos puntos blancos de cal, es prueba de hallarse mal batido. Los malos obreros acostumbran á abreviar la tarea vertiendo agua con exceso, cosa sumamente perjudicial, no solo porque hace perder al mortero sus cualidades, sino porque puede parecer así regularmente manipulado cuando en realidad está muy mal. Esto hace que algunos prácticos al reprender á los amasadores digan que el mortero se amasa con sudor y no con agua. El batido de una mezcla reduce siempre su volumen de $^1/_5$ á $^2/_7$

Hay que tener muy en cuenta que la bondad de un mortero depende en gran parte de su manipulación y que es mejor cuanto más batido se halla.

Cuando el consumo de mortero es en grandes cantidades, suele recurrirse á diversos aparatos para su fabricación. Unos consisten en un sistema de ruedas de llantas anchas *(fig. 49)*, que giran sobre una canal circular en donde se vierte la mezcla groseramente hecha, á la que las ruedas van arrastrando hacia un punto en donde tiene su salida. En otras máquinas se han empleado rodillos ó muelas cónicas rodando sobre una superficie también cónica. Perronnet empleaba en las grandes obras que dirigió, un rastrillo movido circularmente como las anteriores *(fig. 50)*. También se hace uso de cilindros huecos ó cubas de madera como para el amasado del barro *(fig. 22)*. Para esta manipulación se echa por arriba la cal en pasta y la arena y si la cal está en polvo se mezcla antes con la arena, vertiendo al mismo tiempo el agua necesaria. La abertura inferior por donde sale la mezcla hecha, se regula de manera que no salga hasta que tenga la homogeneidad conveniente.

Hay además *amasadoras* mecánicas donde la cal y la arena entran por un extremo mediante una tolva y salen mezcladas y batidas por el otro. Una de ellas consiste en un helizoide ó espiral que gira dentro de un tubo horizontal por donde van pasando la mezcla de cal y arena que cae de una tolva por un extremo del tubo saliendo fabricado el mortero por el otro. Estas amasaderas pueden ser movidas á mano por medio de una cigüeña á vapor, por la transmisión de correas ó por caballerías aplicadas á un malacate.

202. Conviene que los morteros comunes estén fabricados ó preparados unos tres días antes de su empleo batiéndolos siempre que se pueda y por el albañil al emplearlos, cuya operación se llama *estropear*, con lo que se consigue mejorarlos. En muchos puntos se amasa groseramente la mezcla y se la deposita en grandes pilones ó montones durante muchos días volviéndola á amasar según se va necesitando. De este modo se apaga enteramente la cal y sobre aprovecharse mejor se evita que despues salte en la obra al aumentar de volumen, afeándola cuando menos, lo que sucede especialmente si se apagan por aspersión. Además el fraguado de la mezcla ó sea su endurecimiento en la obra, se verifica mejor quizá porque al repetir el batido se hace la mezcla más íntima y quedan mejor envueltos y adheridos los granos de arena unos con otros y con los materiales que traban.

203. MORTEROS HIDRÁULICOS.—Generalmente se mezcla la cal hidráulica con uno ó dos volúmenes de arena. Mezclada con una parte igual de cal común á la que se agregue la arena correspondiente, se hace menos enérgico el mortero y lo mismo si á la cal común se le agregan puzolanas.

Se emplea el cemento puro, amasado con poca agua, en los casos en que se exige el más rápido fraguado. Cuando no, se le agrega la arena, la cual puede en ciertos casos llegar á estar en la proporción de seis á ocho partes por una de cemento. Requiere esto, sin embargo, un gran esmero y habili-

dad en la manipulación para que el mortero resulte bueno. Cuando se desee una proporción siempre igual, no debe medirse el cemento, sino tomarlo al peso, pues según se comprima ó recalque más ó menos, así entra más ó menos cantidad en la medida. *(a)*

El metro cúbico de cemento convertido en mortero, sin mezcla de arena, pierde 17 por 100 de su volumen produciendo solamente $0^{m3}830$ de mortero.

204. Cuando se quieren morteros de fraguado muy lento, se emplea el cemento en una pequeña proporción en la composición de la mezcla, siempre que los componentes sean de buena calidad. El agua de mar empleada en el amasado, retarda el fraguado de las mezclas, siendo de muchas horas con cementos bien cocidos y de algunos minutos con los imperfectamente cocidos ó muy arcillosos. El contacto prolongado de los cementos con el aire húmedo retarda el fraguado y le hace perder mucha fuerza, pareciéndose á las cales ligeramente hidráulicas.

Se propone para conseguir el lento fraguado de los cementos sin perder su fuerza, el empleo de cloruro de calcio ordinario fundido á 75 por 100, disuelto en la proporción de 10 gramos por litro en el agua destinada al amasado. La manera más sencilla de mezclarlo con el agua, consiste en disolverlo en una pequeña cantidad de agua hasta obtener la cal concentrada á 33 ó 34 grados del areómetro Baumé. Este procedimiento tiene además la ventaja de poder usar los morteros en tiempo de hielos, porque el cloruro de calcio como el de sodio impide que se hielen.

El cemento Portland, para que fragüe convenientemente, debe tener tan poca agua como sea posible, pero es esencial que la empleada en amasarlo sea absorbida por el cemento. Si se le priva del agua empleando un agregado poroso ó colocándolo sobre un lecho absorbente ó dejando que se evapore con el calor, el cemento, privado del agua que necesita para su cristalización, no puede fraguar y se pulveriza.

205. Es peligroso emplear el cemento natural de fraguado lento, recien fabricado, á causa de la gran cantidad de cal libre que frecuentemente contiene, la cual al apagarse durante el fraguado ó después, determina un aumento de volumen que produce roturas en las obras. En las fábricas de cemento, se le conserva algunos meses antes de darlo al público consumo, y de esta manera se emplea completamente apagado. No por esto se aminora su fuerza, antes al contrario, se aumenta si además se dejan pasar algunos minutos entre el batido del cemento con la arena y su empleo, pues en este intervalo se apagan las últimas partículas de cal que han quedado libres.

Las mezclas de cemento, cuando se conservan á una temperatura uniforme, tienen tendencia á contraerse en un grado que depende principalmente de su calidad y de la cantidad de agua que se emplea en su elaboración. Variando la temperatura, la mezcla se dilata con el calor y se contrae con el frío como los demás materiales y ésto se efectúa diariamente con la diferencia entre la temperatura del día y la de la noche, siendo muy notable inmediatamente después de su empleo y disminuyendo con el tiempo.

206. MORTEROS NEGROS Ó BASTARDOS.—Los cementos mezclados con cal común y arena, constituyen morteros bastante enérgicos, desvirtuándose algo cuando aquéllos son artificiales. Esta clase de morteros se llaman *negros* por el color oscuro que presentan y tambien *bastardos*. Las proporciones en que entran sus componentes son muy varias.

En los cimientos del puente de Guadiana para el ferrocarril de Ciudad-Real á Badajoz, se emplearon las siguientes mezclas: 1.ª, compuesta de cemento, cal común y arena por partes iguales; 2.ª, una parte de cemento, dos de cal común y tres de arena; 3.ª, una de cemento, tres de cal común y cinco de arena.

En el puente de l'Aude, cada metro cúbico de mortero se componía de $0^{m3}450$ de cal grasa, $0^{m3}950$ de arena de río y $0^{m3}172$ ó sean 183 kilogramos de cemento de Vassy, empleándose esta mezcla en los hormigones y obras debajo de las aguas de estío. Para las fábricas superiores, el cemento se reducía á 100 kilogramos.

(a) De ensayos hechos por el Cuerpo de Ingenieros de caminos en la provincia de Logroño, resulta que la cal hidráulica de Torrecilla, mezclada con una parte igual de arena y sumergida en el agua, fragua á las doce horas. El cemento de Vitoria amasado con una mitad de arena fina fraguó á los veinte minutos habiendo endurecido á los siete días. Mezclada una parte de dicho cemento con dos de cal grasa y una de arena, fraguó á la hora de sumergido presentando al mes la dureza de arenisca tierna.

En España se acostumbra hacer esta clase de mortero con $0^{m3}240$ de cal común apagada, $0^{m3}600$ de arena, $0^{m3}160$ de cemento y $0^{m3}500$ de agua.

Esto hace ver que para adoptar la mejor proporción entre los diversos elementos que hayan de constituir un mortero de condiciones dadas, se hace preciso hacer ensayos con los ingredientes de que se pueda echar mano.

Cuando los morteros se hacen hidráulicos por el empleo de las puzolanas, observa Vicat que vale más pecar por defecto de cal que por exceso. Generalmente se suprime la arena componiendo los morteros con dos partes de cal común y tres de puzolana, ya sea natural ó artificial.

207. PASTAS PUZOLÁNICAS.—El empleo de la puzolana exige la adición de cal grasa, porque aquélla por sí sola no puede formar mortero; también puede mezclarse á la cal hidráulica, pero teniendo presente la parte de arcilla que ésta contiene para que en unión de la que lleva la puzolana no resulte en exceso. Estas mezclas se llaman *pastas puzolánicas*. Por economía se les agrega arena en ciertas ocasiones y también porque como el mortero disminuye de volumen al secarse, se desagrega de los materiales que une, y esto lo evita la arena al dividir la pasta; pero no debe abusarse de este medio.

La proporción de la cal grasa en la pasta debe ser menor cuando la puzolana sea pobre en principios activos, puesto que en ésta abunda ya aquélla sustancia. Por esto mismo, si se mezcla cal hidráulica debe ésta entrar en mayor proporción, pues que á igualdad de volumen contiene menos cal libre que la grasa, y como ésta es la que precisa agregar, mayor tendrá que ser la cantidad de aquélla. De esto se deduce que con los cementos no pueden hacerse pastas puzolánicas, puesto que no tienen cal libre. Para determinar mejor la proporción debe hacerse el análisis químico de las puzolanas y deducir de él la cal necesaria, sirviendo esto para practicar ensayos que fijen definitivamente dicha proporción.

Del mismo modo, la proporción en que se debe mezclar la arena con la pasta puzolánica debe fijarse por experiencias. Varían, sin embargo, entre uno y medio á cuatro volúmenes de arena por uno de pasta, no debiendo ser ésta inferior al de los huecos que tiene la arena ó grava que se emplee. Cuando las pastas se emplean en gran cantidad no hay que temer los efectos de la desecación y, en este caso, la arena no tiene más objeto que economizar puzolana.

208. Para fabricar la pasta puzolánica se mueve ó pulveriza la puzolana y se apaga la cal, mezclando después estas sustancias en las proporciones convenientes. Si ha de llevar arena, se comienza por fabricar el mortero ordinario y después se agrega la puzolana. Cuando la pasta se ha de hacer con cal hidráulica, se empieza por mezclar la puzolana con la arena y amasarla con agua, tomando después pequeñas porciones de esta masa para agregarle la cal cuando se ha de emplear.

Siendo la pasta puzolánica el resultado de una combinación y no de una mezcla, estará tanto más favorecida su cohesión cuanto más finamente esté pulverizada la puzolana (129) puesto que el contacto será más íntimo y cuanto mejor manipulada esté la mezcla y más en presencia de la humedad lo verifique, debiendo hacerse notar que la solución de un mortero hidráulico y los materiales que enlaza, es por lo menos igual á la que tiene el mismo mortero consigo mismo; en tanto que cuando se trata de pastas puzolánicas, su propia cohesión es muy superior á la que tiene con los demás materiales.

209. AMASADO DE LAS MEZCLAS HIDRÁULICAS.—La fabricación de los morteros hidráulicos se hace mezclando muy íntimamente y solo en la cantidad precisa para su inmediato empleo, la cal en polvo después de pasada por un tamiz, con los demás ingredientes, hasta que la mezcla presente un color que no sea el de ninguno de los componentes. Después se vierte el agua poco á poco y se verifica el batido del mismo modo que para el mortero común, pero tanto menos y con una presteza tanto mayor cuanto más enérgico sea el fraguado; teniendo presente que así como en el mortero común el batido aumenta su fuerza, en el hidráulico sucede lo contrario después que se ha mezclado bien, pues la renovación de los contactos con el aire los deteriora, bastando para el buen batido que la cal se adhiera á cada grano de arena y que la envuelva enteramente.

Cuando en la composición de un mortero entra cal común, se hace con anterioridad la mezcla de ésta con la arena, es decir, se forma el mortero común, agregando cuando ya esté bien batido, la cal hidráulica, el cemento ó la puzolana.

La pasta debe hacerse trabada ó espesa cuando ha de ser sumergida inmediatamente en el agua. En

otro caso puede hacerse un poco suelta ó más clara, dando así más tiempo para su endurecimiento.

El volumen del agua para el amasado del cemento no debe exceder al de éste en polvo. Aunque esto parece insuficiente al principio, se ve que es bastante al poco tiempo de manipularlo.

Así como en los morteros comunes, también disminuye el mortero de los hidráulicos con la manipulación. De varios ensayos verificados se deduce que 1^{m3} de cemento en polvo, amasado con $0^{m3}500$ de agua, da un volumen de $0^{m3}700$ á $0^{m3}830$.

210. Se prueba la bondad del mortero de cemento tomando un poco con la llana y dejándolo escurrir; si el mortero se desliza en masa unida y deja sobre la llana regueros glutinosos y blancos de partículas de cemento, es bueno y no muy magro. En mezclas muy magras como de una de cemento por cuatro ó seis de arena, estas partículas son apenas ó casi nada perceptibles y el mortero rechina al deslizarse por la llana.

La bondad del mortero hidráulico depende esencialmente del esmerado trabajo de la mezcla. Asimismo se hace preciso que la arena esté bien seca, porque si no, la humedad que pueda conservar al verificarse la mezcla produce ya un fraguado en las partículas más pulverulentas y ténues del cemento impidiendo por consiguiente que la mezcla sea lo más íntima posible.

El medio que los albañiles suelen emplear muchas veces para correjir el mortero de cemento, cuando en su preparación han empleado mucha agua y por consiguiente se encuentra demasiado fluído, de introducir en él una ó dos piedras bien secas para que absorban parte del agua, es indudablemente un buen medio para los morteros comunes; pero esto debe proscribirse para los morteros de cemento, puesto que la sucesiva y gradual adición de agua al prepararlo hace inútil este medio.

Otra de las circunstancias que concurren en la bondad de un mortero hidráulico es la de su inmediato empleo para no dar tiempo á que fragüe ó tome consistencia antes de cumplir con el objeto de trabar los materiales.

211. ENDURECIMIENTO DE LAS MEZCLAS DE CAL.—El fraguado de un mortero que se verifica por perder el agua con que ha sido fabricado, tiene lugar generalmente á los pocos días de su plco, pudiendo entonces resistir los esfuerzos á que se le somete; pero no adquiere su completo endurecimiento sino al cabo de algunos años ó quizá siglos, procediendo de una manera regular y gradual con el transcurso del tiempo. De aquí que las antiguas construcciones presenten hoy una dureza que causa admiración y se las considere superiores á las actuales, cuando en realidad debieron fabricarse con morteros iguales á los nuestros, pues no se halla diferencia esencial entre unos y otros. Además, las fábricas mal hechas no resistieron á la acción del tiempo y han desaparecido, quedando solamente las de esmerada construcción, como sucederá en un lejano porvenir con las que se levantan hoy en buenas condiciones.

Según va el mortero perdiendo gradualmente su agua de fabricación, experimenta una serie de modificaciones químicas entre las que la más importante es la originada por la absorción del ácido carbónico del aire, á la que debe la propiedad que adquiere al cabo de algún tiempo de hacer efervescencia con los ácidos como una piedra caliza. El mortero expuesto al aire se transforma cuando fragua en una masa porosa y tierna que se desmenuza con facilidad; después empieza á absorber el ácido carbónico y forma una película en la superficie, y continuando la absorción, que facilita la arena, se va endureciendo la masa de fuera á dentro.

212. Los morteros hidráulicos empiezan á solidificarse poco tiempo después de amasados sin llegar á su completo endurecimiento si no tiene reposo la mezcla, bastando cualquier alteración en la posición respectiva de las moléculas para que la trabazón no se efectúe. Otra condición esencial para el endurecimiento es la presencia de cierta cantidad de agua en la masa que ha fraguado. Los fenómenos que se producen en los morteros hidráulicos sumergidos, no se explican todavía á pesar de haberse estudiado mucho las modificaciones que experimentan.

Los cementos fraguan poco después de su manipulación y alcanzan su mayor dureza al cabo de poco tiempo, conteniendo entonces silicato de cal hidratado, con algo de aluminiato de cal también hidratado, indicios de hidrato de cal y cuerpos inertes, como arena, alúmina y óxido de hierro. La rapidez con que fraguan se debe á que el silicato de cal se combina inmediatamente con el agua; el equilibrio molecular, debido á la cristalización de sus componentes, se verifica con facilidad á causa de la corta proporción de materias inertes que se mezcla. El aluminato de cal se hidrata y cristaliza

verosímilmente con igual rapidez que el silicato y concurre con él á la solidificación.

Para que el fraguado de un cemento se haga con regularidad, es indispensable que todas sus partes estén igualmente mojadas. Los que contienen silicato de magnesia no tienen regular el fraguado y la hidratación no se hace en los mismos límites de tiempo que el del silicato, motivo por el cual los cementos magnesianos se hienden poco después de haber adquirido cierta solidez. El sulfato de cal no determina, como la magnesia, la descomposición de los cementos casi seguidamente al fraguado; cuando ha sido calentado fuertemente, es muy lento en hidratarse y se le puede considerar como una materia inerte.

ARTÍCULO IX

De los hormigones, piedras artificiales y mastics.

213. HORMIGÓN.—El hormigón, llamado también *argamasa*, es un compuesto de guijarros, de fragmentos de piedra ó ripio con el mortero suficiente no solo para llenar los huecos de las piedras sino para impedir que se toquen unas á otras. Se llama *graso* ó *magro*, según que la mezcla entre en mucha ó poca cantidad en su composición, ó mejor, según que llene ó no completamente los huecos que se encuentran entre las piedras. La calidad de la cal que se emplee hace que los hormigones sean *comunes* ó *hidráulicos*, y en ambos casos su bondad depende de la buena calidad de los morteros, de su adherencia con la piedra y de su preparación ó fabricación.

Se hace también hormigón con yeso y arcilla, cuya mezcla se cuece para unirla después con materiales duros y porosos como escorias de hierro, ladrillo partido, etc., bien limpios de polvo. Se le llama hormigón Dennett y aunque tarda bastante tiempo en fraguar en razón á la gran cantidad de agua que tiene que absorber el yeso por su completa calcinación, adquiere tan gran dureza, una vez fraguado, como el de los mejores cementos.

214. PROPORCIÓN DE LAS MATERIAS QUE FORMAN LOS HORMIGONES.—La cantidad de mortero que entra á constituir un hormigón depende del tamaño de la piedra que se ha de emplear, de su naturaleza y forma y del destino que ha de tener.

El tamaño de la piedra no debe ser mayor de 5 centímetros de lado, es decir, debe ser de un tamaño comprendido entre la almendra y el huevo. La que es de desiguales dimensiones contiene menos huecos que la partida á un tamaño uniforme.

La piedra angulosa ocupa más espacio que la redondeada, la cual deja menos huecos. El de la primera es de 46 á 50 por 100 del volumen que ocupa y el de la segunda de 37 á 40 por 100. Se estima que empleando piedra partida al tamaño de 4 á 5 centímetros, el mortero necesario es de $0^{m3}286$ á 0,330 y que para la grava ó canto rodado se necesitan de $0^{m3}270$ á $0^{m3}286$. De todos modos, es fácil en cada caso averiguarlo llenando una capacidad de un volumen cualquiera con la piedra que se ha de gastar. Se enrasa después con agua y la cantidad de ésta que haya sido necesario verter para cubrir la piedra, dará facilmente la proporción que se busca.

La cantidad de mortero para fabricar el hormigón, será $^1/_3$ ó $^1/_2$ más de la necesaria para llenar los huecos.

215. Una de las cosas indispensables antes de hacer un hormigón hidráulico, es asegurarse de las cualidades de los diferentes elementos que han de entrar en su composición y fijar por medio de experimentos las proporciones en que han de mezclarse.

Sganzin dice que debe componerse de diez partes de cal viva, doce de puzolana ó cemento artificial, seis de cascajo grueso y doce de piedra partida al tamaño de un huevo. Treussart, que ha experimentado diversos hormigones, recomienda que en ésta entren $0^{m3}600$ á $0^{m3}750$ de piedras pequeñas, de las que $^1/_5$ ó $^1/_4$ sean de cascajo y $0^{m3}400$ á $0^{m3}500$ de piedra partida como huevo.

En las fundaciones de los muelles del puerto de San Sebastián, así como en los puentes de San Salvador y Revilla (Santander), se hicieron los cimientos y bóvedas en la proporción de 1^{m3} de piedra caliza dura machacada al tamaño de 5 $^c/_m$, $0^{m3}300$ de cemento de Zumaya (Guipúzcoa) y $0^{m3}300$ de mortero común compuesto de dos partes de cal y tres de arena.

En la reparación de los cimientos del puente de Aranda de Duero, el hormigon se componía de $0^{m3}600$ piedra partida y $0^{m3}400$ de mortero hidráulico, compuesto de mortero común y cal hidráulica ó cemento inferior de Iraeta (Guipúzcoa), en partes iguales.

En la esclusa de S. Remy se componía:

1.°, de $0^{m3}420$ cal grasa empleada viva, $0^{m3}210$ de polvo de teja, $0^{m3}750$ de guijarros de sílice y $0^{m3}400$ de agua.

2.°, de $0^{m3}870$ de guijarros y $0^{m3}450$ de mortero compuesto de $0^{m3}220$ de cal un poco hidráulica, de $0^{m3}225$ de puzolana y de $0^{m3}225$ de arena cuyo total de $1^{m3}320$ se convertía en 1^{m3} después de la manipulación.

En la esclusa de Huningue la composición era, para 1^{m3}, de $0^{m3}220$ cal hidráulica en pasta, $0^{m3}400$ arena y $0^{m3}690$ guijarros.

Los arcos de los puentes de Lumbreras y Lavalé (Logroño) son de hormigón formado con $0^{m3}940$ de piedra cuarzosa machacada al tamaño de 5 c/m y $0^{m3}430$ de mortero hidráulico compuesto de una parte de cemento de Nestares y de otra de arena con una mitad de agua.

En las bóvedas del fuerte de S. Cristobal (Pamplona), el hormigón se formó por amasijos de unos 102 litros de arena, 170 de piedra por cada saco de 66 litros de cal hidráulica de las provincias vascongadas, pues que su pronto fraguado no permitía amasar el hormigón en mayores cantidades. Las bóvedas son de 3 á 7 metros de luz y se les quitaba la cimbra al cabo de ocho días.

En la reparación de los muelles del canal de Aveiro (Portugal), se componía el metro cúbico de hormigón de $0^{m3}350$ de cal apagada, $0^{m3}350$ de arena, $0^{m3}870$ de piedra partida y $0^{m3}054$ de puzolana de las islas Azores.

Se hace el hormigón hidráulico muy comunmente con $0^{m3}600$ de piedra partida y $0^{m3}400$ de mortero, compuesto con $0^{m3}096$ de cal, $0^{m3}064$ de cemento y 0^{m3} 240 de arena.

216. FABRICACIÓN Ó PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN.—Para disponer el hormigón con objeto de poderlo emplear, se empieza por hacer el mortero sobre la era, que conviene esté enladrillada ó cubierta de tablas especialmente si el hormigón es hidráulico, y cuando está bien batido el mortero, se echa encima la piedra en dos ó tres veces, extendiendo la mezcla unos operarios, que se valen de los *rastrillos (fig. 51)* y recogiéndola otros en montón con especialidad el mortero que con suma facilidad se escurre hacia el suelo y por los costados.

217. Se fabrica también el hormigón en unos aparatos llamados *hormigoneras*, de las que hay varios sistemas: entre ellos está la amasadora de mortero de que se habló en su lugar (201) y la indicada en sección por la *fig. 52*, que es una caja de 1 metro por 80 centímetros de lado y 2 metros y medio de altura dentro de la que hay una serie de planos inclinados. Los materiales que han de componer el hormingón se echan por la parte superior del cajón y cuando salen por abajo está ya formada la mezcla de la piedra con el mortero.

También se ha empleado alguna vez el siguiente procedimiento: se hacen las mezclas de la cal, arena y piedra de un modo grosero y á alguna distancia del sitio de su empleo; se coloca esta mezcla en cajones, en cuyo interior hay cuatro barras fijadas á unas ruedas cuyo movimiento de rotación siguen. De este modo, al transportar ó poner en movimiento estos cajones hasta el sitio del empleo, la masa se revuelve y mezcla.

En el puerto nuevo de Marsella (Francia), se ha preparado el hormigón para sus bloques por medio de cilindros horizontales de palastro que giran entre dos gorrones colocados según el eje de los cilindros; éstos están atravesados por un arbol, provisto de una serie de rayos que terminan y se remachan en la superficie interior de la envolvente cilíndrica. Cuando el aparato gira, la piedra desciende y ocupa la parte inferior y los rayos ó brazos que giran con el cilindro, revuelven y mezclan la masa de modo que al cabo de cierto número de vueltas, se halla completamente hecho el hormigón y dispuesto para ser empleado.

La manipulación del hormigón produce una reducción en el volumen de los materiales que lo componen, de $^1/_{10}$ y la sumersión en el agua otra de $^2/_{10}$ por manera, que con la reducción que antes ha sufrido el mortero queda una disminución total de un 35 á 40 por 100.

218. El hormigón hidráulico requiere una manipulación más esmerada y rápida. La cal ó cemento y la arena se mezclan bien en seco, hasta que no se distinga uno de otro componente, en cuyo caso se echa el agua de una vez y se bate inmediatamente la mezcla para formar una masa uniforme y ligeramente húmeda. Se agrega luego la piedra, que simultáneamente con la elaboración del mortero se ha lavado bien dejándola mojada, y se bate esta mezcla hasta conseguir que todas las piedras estén bañadas y cubiertas. Esta condición es muy importante y debe cumplirse también en la obra, apisonando ligeramente ó comprimiendo el hormigón para que rebose una ligera capa de agua de

cal ó lechada. Cuando en el hormigón entra como componente el mortero común, éste debe estar hecho de antemano y agregarle la cal hidráulica ó cemento al tiempo de echarse la piedra.

Cuando el hormigón ha de ser sumergido en el agua, Treussart aconseja, para que se deslíe menos, dejarlo un poco expuesto al aire hasta que haya adquirido una semi-consistencia que permita dividirlo en grandes porciones, al contrario que Vicat, que dice debe sumergirse inmediatamente, como así creemos sea lo mejor, pues de este modo puede amoldarse al sitio de su emplazamiento antes de su parcial fraguado.

Es preciso que tanto la piedra como la arena estén todo lo más limpias posible de tierra y con especialidad de sustancias vegetales ó de sulfato de cal ó sosa, porque estas últimas hacen el mismo efecto que el salitre en las piedras areniscas, llegando al cabo de algun tiempo á desagregar por completo la masa que las contiene.

Conviene hacer el mortero con la menos cantidad de agua posible, echando de una vez toda la que sea necesaria y batirlo bien hasta que forme una masa bien compacta y de color homogéneo.

219. PIEDRAS Ó BLOQUES DE HORMIGÓN.—Las piedras artificiales cuyo uso se ha extendido más y cuya fabricación se hace en mayor escala desde que se emplea el cemento Portland, son las formadas de hormigón hidráulico. Especialmente en puertos, sustituyen á los bloques naturales con la ventaja de poderse fabricar de grandes dimensiones. Los empleados en el puerto de Brest eran de 20^{m3}, $37^{m3}500$ y $57^{m3}500$ cada uno.

Las proporciones de los elementos constituyentes debe determinarlas un experimento, pues que varían según la energía de las cales, calidad de las arenas y circunstancias que se exijan para el destino que han de ocupar.

Los formados para el puerto de Tarragona están compuestos de $0^{m3}663$ de piedra partida y $0^{m3}336$ de mortero fabricado con tres partes de arena, dos de cemento de Pont de Molins y una de agua: allí se observó que podía sustituirse una cuarta parte del cemento con una cantidad igual de cal común apagada en polvo.

Los de Barcelona tienen $0^{m3}630$ de piedra arenisca partida al tamaño de 4 á 5 centímetros y $0^{m3}370$ de mortero hecho con dos partes de arena de mar y una de cal hidráulica de Theil, que si bien tarda en fraguar de dos á cuatro días, da con esto más tiempo para la manipulación y la dureza del bloque no disminuye con el tiempo.

Las obras del puerto de Marsella tienen bloques de hormigón, donde para cada metro cúbico se han empleado uno de grava ó cascajo y medio de mortero hecho con una parte de cal de Theil y dos y media de arena, y los del puerto de Brest se formaron de $0^{m3}750$ de piedra partida y $0^{m3}250$ de mortero hecho con una parte de cemento Portland y cuatro de arena.

220. La forma de los bloques puede darse con moldes formados de cuatro tableros verticales, hecho cada uno de un bastidor de madera enrasado por el lado interior con tablones al tope. Con estos cuatro tableros se cierra un espacio rectangular uniendo unos con otros por los ángulos, de modo que puedan desarmarse con solo quitar algunos pernos ó pasadores. Si el fondo de este cajón es el mismo terreno, es preciso extender una capa de arena de 5 centímetros de espesor para impedir que el hormigón se adhiera al terreno y colocar unas barras ó aguas con el objeto de que formen en el bloque unas ranuras por donde puedan pasar las cadenas ó cuerdas que han de servir para levantar el bloque y poderlo transportar.

Dispuesto el molde, que podrá tener otra forma diferente que la explicada, se le rellena de hormigón recién hecho extendiéndolo por capas y apisonándolo hasta enrasar completamente el molde. Se le deja en este estado durante el tiempo que sea necesario para que adquiera cuerpo y puedan quitarse los tableros sin riesgo de que se desmorone el hormigón.

Como se deja comprender, para esta operación se necesita una era que debe estar cubierta, y durante algún tiempo hay que mantener el bloque en una constante humedad que permita el lento endurecimiento.

Claudel cree que el deterioro que sufren las piedras artificiales de hormigón, cuando no están constantemente húmedas, procede de la falta de porosidad de las superficies y para remediarlo ha dispuesto hacer el molde de manera que resulten las caras ásperas y en bruto, cubriéndolas luego de un enlucido de cemento de un centímetro de espesor extendido con el canto de la paleta.

221. PIEDRAS DE ALEJANDRÍA.—En el Piamonte están muy en uso ciertas piedras cuya composición consiste en extinguir la cal por infusión y echarla á los cinco ó seis días en una artesa

con arena de grano desigual desde el grueso de la arena ordinaria hasta el del casquijo cuarzoso que contenga algunos restos calcáreos. Se hace la mezcla con esmero y se va depositando por capas sucesivas en una fosa prismática abierta en el terreno introduciendo á la vez en el mortero guijarros de grueso igual distribuídos regularmente. Relleno el molde, se cubre con una capa de arena de medio metro de espesor.

La fosa que sirve de molde ha de estar nivelada y tener alisadas las paredes con la paleta ó llana y con agua. Las dimensiones de estos prismas son ordinariamente de 1^m40 de longitud por 0^m80 de ancho y profundo y se conservan enterrados por espacio de tres años, aunque bastan dos cuando la cal es de buena calidad.

La mezcla se hace en la proporción de uno y medio volúmenes de cal, nueve de arena desigual y dos de guijarros.

222. Con toda clase de morteros se pueden fabricar estas piedras, sobre todo si han de ser delgadas. Cuando han de tener grandes dimensiones, es preciso emplear cales que endurezcan pronto sin disminuir sensiblemente de volumen.

Se puede hacer la mezcla con polvo de piedra caliza, de mármoles ú otras clases y aun con arena, teniendo presente que si la cal se endurece muy pronto, no se bate la mezcla, pues desuniría las partes ya consolidadas é impediría su fraguado; al contrario que si la cal da tiempo, pues es fácil entonces batirla bien hasta que la pasta esté trabada.

223. PIEDRAS DE HORMIGÓN CON ESCORIAS DE HIERRO.— En Inglaterra es muy usada una piedra de hormigón formada de dos volúmenes de arena lavada, tres de cal viva, cuatro de puzolana, otros tres de piedra partida y una de escoria de hierro también machacada. Se apaga la cal y se le une la arena para hacer mortero, hecho lo cual se agrega y mezcla la piedra y la escoria con el agua y se echa la puzolana pulverizada. Se da forma á este hormigón vertiéndolo en moldes.

224. PIEDRAS DE CEMENTO PORTLAND Y LADRILLO.—Aprovechándose de las propiedades de este cemento existen hoy numerosas fábricas de piedras facticias que proporcionan cuantos objetos se desean y puedan hacerse con moldes, imitando perfectamente las piedras calizas y los mármoles y aventajándoles en su coste, en su menor peso y en el menos tiempo que exige su construcción.

La fabricación de las piedras hechas con el cemento de Portland exige que se encuentren limpios de polvo todos los materiales pétreos. Los ladrillos y baldosas que constituyen su alma ó núcleo deben ser de la mejor calidad, bien cocidos y de la mayor igualdad posible en su tamaño; cuidando además que no estén raspados, pues las superficies lisas impiden que se adhiera del mortero. Es de la mayor importancia humedecer el material antes y durante la fabricación de la piedra, pues así se favorece la adhesión del cemento y el endurecimiento.

Los peldaños de escalera, así como las cornisas y sillares moldeados, se hacen formando su núcleo con ladrillos ó tejas planas unidas con mezcla compuesta de una parte de arena fina y otra de cemento. El revoque se hace de cemento solo, de cemento con aceite ó con tableros de mármol, pizarra, etc.

Para piezas pequeñas debe preferirse para núcleo de este hormigón, el granito, sienita, pórfido y basalto machacados al tamaño de una avellana.

225. Con el nombre de *granito metálico*, se fabrican piedras, mezclando al cemento Portland granito machacado al tamaño de 2 á 3 centímetros bien lavado y escorias de hierro procedentes de los altos hornos, también trituradas. Se echa el agua suficiente para hacer una masa, se bate bien y se le echa una solución alcalina de potasa ó sosa, volviéndola á batir para vaciarla en los moldes donde se la apisona ó comprime: se conserva en reposo durante doce horas, al cabo de las cuales se ha endurecido lo bastante para sacarla, desarmando los moldes y se dejan secar al aire libre.

Esta piedra resulta de superficie áspera y resiste bien al agua y al fuego, empleándose mucho en losas para pavimento.

226. Se hacen también aglomerados coloreados con base de cemento Portland, mezclando á á éste granito, grava, desperdicios de alfarería bien cocidos, escorias de altos hornos, trozos de minerales, etc., todo bien lavado y limpio de polvo. Las materias se mezclan en seco y después se humedecen pasando la masa á los moldes, donde se les deja endurecer. El colorido se da introduciendo ocre en la mezcla y cuando solo se quiere que la superficie esté coloreada, se aplica el ocre en las paredes interiores de los moldes al hacer su relleno.

227. Con diez ó doce partes de ceniza procedente de las fábricas de gas y una de cal, se hacen ladrillos que pueden tener de 8 á 11 centímetros de grueso. Se trituran las cenizas hasta redu-

cirlas á un tamaño de 5 centímetros y se extienden sobre una era plana para mezclarles la cal, que se apaga con el agua suficiente para que la mezcla quede bastante húmeda: se hace pasar ésta por un amasador y se deja orear la pasta por uno ó dos días para que se pueda moldear por medio de una prensa, llevando después los ladrillos al secadero colocados en unas tablas. Después de algunos días en que los ladrillos han adquirido alguna consistencia, se les quitan las tablas y se alisan las superficies. El secamiento debe ser lento y cuando se ha verificado, pueden emplearse los ladrillos en las obras produciendo paredes ligeras y muy secas, y pudiendo servir para muros de adorno que no lleven revoque ó pintura.

228. Otra clase de aglomerados son las losas de cemento *Vicat artificial de fraguado lento*, compuestas de una parte de cimento y nueve de casquijo. Se interponen piedras de mármol blancas y negras ó de otros colores entre dos capas de cemento y cuando ha fraguado completamente se asierra el todo en dos partes iguales según el espesor de la pasta. Cada trozo forma entonces una losa, cuya parte aserrada constituye la superficie exterior después que se ha pulimentado, presentando el aspecto de un mármol brecha.

229. PIEDRAS ARTIFICIALES DE VARIAS CLASES.—Muchas son las mezclas y procedimientos que se han empleado para la fabricación de piedras artificiales ó facticias.

Se han formado con una parte de cal y tres de polvo de piedra pasado por cedazo, cuya mezcla se batía perfectamente con el agua necesaria. Se ha mezclado una parte de arena limpia y seca con otra de piedra molida pasada por cedazo fino y cal en polvo por partes iguales y también se fabrican ladrillos de grandes dimensiones con mortero común únicamente ó con mezcla de cascote, dejándolos secar bien antes de gastarlos. Así se emplean en construcción de paredes donde la cal es de buenas condiciones como en Extremadura. Fleuret dice haberlos empleado en muros de contención de agua, componiéndolos de siete partes de arena y una de cal hidráulica.

Entre otros productos se halla el cimento Fontenelle, cuya base es un óxido de cobre que por su gran coste se destina solo á la decoración colorándolo y aplicándolo en una capa de 5 milímetros de espesor á otra piedra á la que se adhiere perfectamente presentando una superficie lisa sin ser resbaladiza. Se le proporciona un bello grano de piedra mezclándole con cierta cantidad de mármol pulverizado.

El cimento *Bonnet* no es tan duro como el anterior pero es de un precio menor. La base es un sulfato de cal combinada con agentes químicos á los que debe su dureza. Se le comprime en moldes de cobre cincelado consiguiéndose piezas de 1^{m} de anchura por $1^{m}50$ de longitud.

230. La Faye indica los siguientes métodos para hacer piedra artificial:

1.° Se mezcla una parte de cal apagada por inmersión y tres de polvo de piedra tamizado; se echa en seguida el agua que sea necesaria para amasar bien estas materias y se baten bien á seguida.

2.° Se toma una parte de arena de mina bien seca y fina, limpia de tierra grasa, otra de piedra pulverizada y pasada por tamiz y otra de cal apagada y reducida á polvo por inmersión y se le añade el agua solamente precisa para la buena trabazón, batiéndolo en seguida muy bien.

3.° Se mezclan cinco partes de buena arena áspera y ruda al tacto, dos de cal recien apagada y se le echa el agua necesaria para que forme pasta, es decir, que no se halle suelta la masa por demasiada agua. Se dejan que se sequen bien antes de su empleo.

4.° Se amasa con aceite una parte de tierra grasa reducida á polvo con anterioridad, se le añaden ocho partes de polvo de piedra tamizado ó de arena fina de mina ó de ambas cosas y por último dos partes de cal recientemente calcinada. Se moja la arena ó el polvo de piedra y se amasa como mortero suelto; se echa la cal después de haberla triturado y se la envuelve en la masa de modo que esté cubierta. A medida que la cal se vaya extinguiendo y disolviendo, se amasa todo con la paleta, añadiendo agua si es necesario, pero solamente la necesaria para que el mortero sea trabado; y cuando la cal y la arena ó piedra estén bien mezcladas, se añade, mientras esté caliente, la tierra grasa amasada con el aceite y últimamente se bate bien toda la mezcla. Su empleo ha de ser en seguida, pues forma cuerpo muy pronto y es impermeable al agua.

Estas piedras, una vez conseguida la forma que se desee, deben depositarse sobre arena húmeda y en sótanos ó cuartos bajos expuestos al Norte á fin de que el mortero pueda endurecerse con lentitud,

lo cual contribuye esencialmente á su mayor dureza, y se aproveche de la gran cantidad de ácido que existe en estos lugares y que tanto contribuye al fenómeno de la regeneración de la materia calcinada. De este modo, para esta fabricación, todas las estaciones son igualmente buenas, puesto que ni el calor ni los hielos hacen sentir su influencia.

Cuando á los pocos días de sacar la piedra del molde, resuda por la superficie, es indicio de su buena calidad, al mismo tiempo que anuncia que no se secará con precipitación. Si esto no sucede por hallarse expuesta á un aire cálido que absorba inmediatamente la humedad, debe regarse una ó dos veces por día.

231. La industria moderna cuenta entre sus ramos el de la fabricación de piedras artificiales, y entre las mezclas que se emplean se cuentan las siguientes:

Para hacer sillares, construcciones monolitas, alcantarillas, etc., los compuestos son: 1 metro cúbico de cal grasa apagada por aspersión, molida y tamizada, de 2 á 5 metros cúbicos de arena, 50 kilogramos de yeso, 2 de sulfato de alúmina, 1 de sulfato de amonio, 500 gramos de oxicloruro de magnesio, 250 de una disolución de amoniato de cobre á 3°, 150 de sodio y una disolución de sulfato de hierro y colores minerales diversos, según la coloración que se desee obtener. Bien mezclado y amasado el todo en una máquina al efecto, se le añade el líquido necesario, que consiste en una disolución de silicato de potasa de 2 á 3°.

Para piedras de suma dureza destinadas á pavimentos, aceras, etc., se compone de 1 metro cúbico de cal fina pulverizada, 0,250 de escoria de hierro en polvo, 50 kilogramos de yeso negro, 3 de sulfato de alúmina, 2 de sulfato de amonio, 1 de oxicloruro de magnesio, 500 gramos de una disolución de amoniaco de cobre á 4°, 250 de sodio y la disolución de sulfato de hierro con los colores minerales. Se amasa todo con silicato de potasa á 4°.

Para mármoles y granitos de todos matices, los ingredientes son: 1 metro cúbico de cal blanca apagada por aspersión reducida á polvo impalpable, 0,250 de arena fina bien lavada, 50 kilogramos de yeso bueno, 20 de cemento blanco, 1 de sulfato de alúmina, 1 de sulfato de amonio, 500 gramos de oxicloruro de magnesio, 100 de sodio y los colores minerales. El amasado se efectúa con una disolución de silicato de potasa de 2 á 4°, haciéndose la pasta más ó menos clara, según los objetos que se hayan de moldear. Se da transparencia á los mármoles teniendo las piezas por algunas horas en un baño de borax á 2°, cuya operación se hace algún tiempo después de sacarlas de los moldes.

232. Se mezcla al cemento de Portland arena verde de los altos hornos, cuarzo, basalto y granito pulverizado, se le hace pasar por un tamiz, se lava y se apisona con un martillo pilón en el molde sometiéndola después á la acción de una prensa. Se quita el molde al cabo de cierto tiempo y se expone el producto al aire libre, sumergiéndolo después en agua durante unos días, la cual debe renovarse diariamente. Al cabo de dos meses de fabricadas pueden emplearse estas piedras.

233. PIEDRA DE COIGNET.—La piedra inventada por Coignet, llamada impropiamente hormigón, puede aplicarse no solamente á los cimientos y muros de los edificios sino también á suelos donde se sostiene por una ligera armazón de hierro, economizando la madera tan expuesta á la putrefacción y al fuego. Con esta mezcla se construyó la canalización subterránea del palacio de la Exposición de París de 1867, formándola con seis partes de arena, una de cal y media de cemento.

Hoy este sistema proporciona objetos de ornamentación, cornisas, canales, escalones, losas lisas, estriadas ó cuadrilladas, etc., que á su economía reunen la resistencia y dureza del mármol del mismo color y grano, pudiendo además ser labrados como esta piedra.

La piedra Coignet, que se fabrica hoy, tiene distintos compuestos, según el destino que se le ha de dar: para sillares ordinarios se compone, por metro cúbico, de 0,824 á 0,848 de arena, 0,118 á 0,121 de cal y 0,058 á 0,031 de cemento y también 0,695 á 0,727 de arena, 0,139 á 0,121 de ladrillo en polvo, igual volumen de cal apagada por inmersión y 0,027 á 0,031 de cemento; para losas se emplean 0,526 de ceniza de hulla sin triturar, 0,105 de ceniza pulverizada, 0,105 de arena, 0,105 de polvo de ladrillo y 0,159 de cal, y para molduras un metro cúbico de cal en pasta, otro tanto de polvo de ladrillo y cenizas de hulla pulverizadas y tres de arena fina.

234. PIEDRAS SILICATADAS.—La inventada por Ransome es de fabricación inglesa y se compone de arena ordinaria, de tiza ó de otra materia mineral, aglomeradas con un cemento silíceo que después de una reacción química se convierte en un silicato de sosa insoluble.

Para fabricarla, se mezclan íntimamente la arena, la tiza ú otra materia mineral con la proporción deseada de silicato de sosa. Esta operación se hace en un amasador ordinario, y cuando la mezcla toma una consistencia plástica se comprime en moldes; en seguida se le satura ó moja en una solución de cloruro de cal, con lo que se efectúa una doble descomposición de las dos soluciones empleadas. El silicato se combina con el calcio y forma inmediatamente un silicato de cal insoluble que envuelve ó cimenta fuertemente y en el mismo instante todas las partículas de arena, tiza ú otro material de que se compone la piedra; el cloruro se combina con la sosa y forma un cloruro de sosa que se quita fácilmente con el lavado.

Por el procedimiento de silicatación indicado para preservar las piedras (72), se hace piedra artificial uniendo arenas calizas ó piedra caliza machacada con un silicato alcalino, lo que produce una piedra arenisca caliza que se emplea en las aceras de Madrid.

También pueden fabricarse las piedras aglutinando un vidrio soluble cualquiera con arena ó piedra machacada de composiciones variables, y en este caso, para dar á la mezcla la base de cal que es necesaria á la combinación, se sumerge en una disolución de cloruro cálcico ó en una lechada de cal, que es el procedimiento de Ransome.

235. BALDOSINES HIDRÁULICOS.—Con el cemento como base ofrece hoy la industria infinidad de productos, en especial para solados, titulándolos con variadas denominaciones de las que no debe hacerse caso, porque en lo general dan idea muy distinta de lo que es el producto, pues cambian el sentido de las palabras.

Presentan variadas figuras de fáciles ó complicados dibujos que asemejan al llamado mosaico Nolla, aunque no con sus brillantes colores. La superficie es lisa, estriada ó cuadrillada incrustándoles á veces mármoles, nácar y otros materiales.

La forma que se puede dar á estas piedras es tan varia como los moldes y se fabrican además de baldosas, jambas, molduras, cornisas, pilastras, capiteles, balaustres, columnas, escalones, ménsulas, canales, albardillas y cuanto exige el ornato de un edificio.

236. El baldosín hidráulico tiene dos partes: una fina que es la superior y otra ordinaria que es la inferior, sobre la que asienta. La primera se compone de los cementos gris ó blancos mezclados con tierras naturales para colorearlo, excepto cuando ha de ser azul, verde ó negro, en cuyo caso se emplean colores preparados exprofeso. La parte inferior se compone de cal hidráulica del país y arena bien limpia, por partes iguales, agregando un poco de cemento para darle más resistencia.

La fabricación se efectúa disolviendo los colores con el cemento en agua ó en polvo, es decir, con los materiales humedecidos ligeramente. Se hacen de color blanco, rojo, castaño, amarillo, negro ó combinándolos formando figuras, no presentando tintas muy fuertes, pues la del blanco y amarillo son algo sucias, bastante apagada la del rojo y aplomada la del negro.

El cemento que ha de formar la capa superior del baldosín se vierte en lechada sobre el molde de hierro fundido en la cantidad correspondiente al grueso que ha de tener aquélla, y sobre ella se echa la mezcla de cal y arena, colocándolo inmediatamente bajo una prensa en la que se le somete á una fuerte compresión, sacándose luego el baldosín ya formado, que es de forma cuadrada de 20 centímetros de lado con un grueso de dos. El prensado puede ser á mano con prensas de palanca ó de timbre, ó al vapor por medio de prensas hidráulicas, resultando un producto fuertemente comprimido, de una gran dureza y un brillo que aumenta con el uso.

Las baldosas cuadrilladas como las de vidrio *(figura 47)* se hacen del mismo modo que los baldosines y de sus mismas dimensiones, valiéndose de moldes que tengan en su fondo los rebordes triangulares correspondientes á las acanaladuras que forman la cuadrícula.

Cuando el baldosín ha de tener más de un color, se coloca sobre el molde cuadrado otro que tenga las divisiones de los colores que exija el dibujo, hechas de latón, soldadas unas á otras, y en ellas se distribuyen las pastas no muy espesas de los colores hasta un espesor de algunos milímetros; se retira este molde y se concluye de llenar el resto del primero con otra pasta ya más consistente y sin colorear, poniendo inmediatamente el molde bajo la prensa como en el caso anterior.

237. MEZCLAS DIVERSAS. — Aunque son poco usadas se da á continuación noticia de varias mezclas que en ciertos casos pueden tener aplicación.

La mezcla fraguará ó hará cuerpo de repente, desleyéndola con orines, en que se haya disuelto hollín, ó con agua donde se haya disuelto sal amoniaco, ó finalmente desleyéndola con aceite.

Chevalier da la composición de un mortero muy sólido que resiste, según dice, á la acción del agua de una manera absoluta. Lo compone con dos partes de cemento, una de carbón de piedra en polvo y media de cal común apagada.

238. Se emplea en París últimamente una mezcla de 16 partes de arena, 2 de tierra quemada y pulverizada, 4 de cal hidráulica viva, una de ladrillo refractario pulverizado y una de ceniza de carbón mineral. Estas sustancias se mezclan en seco y se añade el agua necesaria para hacer una pasta batiéndola después hasta que queda todo bien ligado. La argamasa que resulta es muy sólida, fragua pronto y es muy barata. Si ha de emplearse en bóvedas, sótanos ó locales húmedos se adiciona una parte de cemento.

239. Como ladrillos hidráulicos que resisten la humedad, se hacen con una mezcla de 65 partes de escoria de hierro, 23 de arena fina y 12 de cal hidráulica, y también con 91,5 partes de arcilla, 3 de limaduras de hierro, 2 de cal, 1,5 de potasa y 2 de ceniza de sauce.

240. Se hacen morteros á prueba de fuego, mezclando 140 partes de limaduras de hierro, 20 de cal hidráulica, 25 de arena de cuarzo y 3 de sal amoniaco y también 140 partes de limaduras de hierro, 45 de cal hidráulica y 3 de sal común. Ambas mezclas se amasan con vinagre fuerte, no debiendo exponerse al fuego hasta que esté perfectamente seco, en lo que tarda algo, pero después de seco constituye una piedra durísima.

241. Para resistir á las heladas se agrega á la mezcla formada con tres partes de cal viva y dos de arena de río, una de limaduras de hierro y otra de peróxido de manganeso.

242. MASTICS.—Llámase mastic á todo compuesto ó preparación cuyo objeto es unir dos materiales de la misma ó diferente naturaleza con tal que uno cuando menos no sea metálico, ya para darles fuerza, ya para hacerlos impermeables al agua ó impenetrables al aire.

Los diversos usos á que se destinan los mastics hacen que su composición sea muy diferente, denominándose *calizos*, *metálicos*, *bituminosos* y *resinosos*, según la materia ó sustancia que en ellos predomina. Entre las muchas recetas que para confeccionar mastics se han dado, están las siguientes:

243. El mastic de *canteros* que éstos emplean para unir las piedras en construcciones delicadas y también para cubrir los defectos de la labra, se hace derritiendo una parte de cera con dos de pez blanca y añadiendo polvos de la misma piedra. Esta mezcla se conserva en barras y se calienta para aplicarla.

Se compone tambien de arena de río, litargirio, cal viva en polvo y aceite de linaza.

Se toman las juntas de piedra de grano y también se tapan los huecos con mezcla hecha de cal, arena cernida y cisco de fragua que imita á dicho material.

Para rellenar los huecos ó suplir los tasquiles que algunas veces se producen en los mármoles se emplea goma laca coloreada de suerte que imite en lo posible los colores del mármol al cual se ha de unir, agregándole muchas veces polvo tamizado del mismo mármol. También se pegan con este mastic pedacillos de mármol labrados y ajustados al hueco que deben rellenar.

El mastic del *marmolista*, que se emplea para unir los mármoles se compone de dos partes de cera virgen, tres de pez blanca y ocho de resina, cuya mezcla se funde al fuego y se sumerge después en agua para solidificarla. Para su empleo se vuelve á fundir calentándola.

El *mastic universal* se forma con el anterior disolviéndolo en espíritu de vino muy purificado: se sumerge después igual cantidad de cola de pescado hasta que se reblandezca y entonces se le disuelve en rom ó aguardiente para formar una especie de liga á la cual se junta una mitad de goma amoniacal muy bien cuajada. Se unen las dos mezclas y se ponen á un fuego moderado y cuando se han mezclado perfectamente se echa en botellas que se tapan bien para guardarlo. Al hacer uso de este mastic se calienta la botella en un baño de María, se calientan también las partes que han de unirse y se pegan con la mezcla. A las dieciocho horas de encolada está seca la unión.

El *mastic Loriot* se compone de 3 volúmenes de cal, 16 de teja pulverizada y tamizada y 4 de agua. Se apaga la cal moviéndola con una paleta hasta que forme una papilla homogénea, se le mezcla la teja y al usarlo se agrega una parte de cal viva tamizada uniendo íntimamente la mezcla.

244. El *betún* de *fontanero* ó *zulaque* que se emplea en soldar los tubos de barro por donde ha de pasar agua, se hace amasando cal hidráulica natural ó artificial reducida á polvo con aceite bueno ó grasa, lo cual se bate bien con un mazo y se echa estopa picada añadiéndole polvo de cal hasta que

toma la consistencia de cera blanda. Algunas veces se añaden polvos de hierro que oxidándose aumentan de volumen y cierran mejor los enchufes, evitando las filtraciones del agua.

Algunos hacen el zulaque con dos partes de cal hidráulica, cuatro de polvo de teja y una de limaduras de hierro, amasando todo con aceite de linaza.

También se puede hacer este betún poniendo en infusión durante veinticuatro horas, 10 kilogramos de limaduras de hierro ó de éste y cobre en 2,6 litros de orines y 2 litros de vinagre, á los que se añaden 1,7 kilogramos de cal comun y teja molida pasada por cedazo. Para usarlo en la unión de piedras deben hallarse bien oxidadas las limaduras, pues de otro modo no podría fijarse sobre la piedra ni endurecerse.

Se puede hacer otro mastic con el azufre. Cuando éste está en fusión (á 200 centígrados) se le echa arena fina y se le vierte en agua con lo que se forma una masa de la consistencia de cera blanda, llegando á endurecerse si se le deja durante cuatro días. En este tiempo puede emplearse en soldar piedras y hierro aun cuando á este último lo sulfura.

También se emplea para soldar tubos una composición de una parte de pez resina y otra de pez comun, á lo cual, cuando está hirviendo, se echan dos partes de escorias hasta que forma hilos la masa, en cuyo caso se le deja enfriar y se le vuelve á calentar cuando haya de gastarse.

En Austria se compone de una parte de sebo, dos de resina y cuatro de polvos de carbón de piedra, todo lo cual se incorpora por medio de la fusión.

La argamasa de Thenard se hace de 93 partes de polvo de ladrillo y 7 de litargirio amasado con aceite. Su uso puede ser en soldar piedras é impedir filtracciones, advirtiendo que para emplearlo hay que mojar antes las partes donde haya de aplicarse.

La argamasa de Fiennes consta de dos partes de cal hidráulica apagada en polvo y dos de cemento bien pulverizado, amasado todo con aceite de linaza.

Se emplea también en soldar tubos ó en revestir los de fábrica una mezcla de una parte de limaduras de hierro, tres de sílice calcinada, cuatro de alúmina comun, cuatro de polvo de ladrillo y dos de cal viva.

245. Para el empotramiento del hierro en paredes puede emplearse una mezcla de tres partes de polvo de teja, dos de cal en pasta y aceite hervido, lo cual se amasa perfectamente. Se mezcla también el betún mineral con azufre, cal, resina, cera amarilla y alúmina.

Se asegura el hierro en las piedras con un mastic compuesto de 16 partes de azufre en peso, 1 de cera amarilla y 4 de limaduras de hierro, cuya mezcla se pone á calentar en un fuego vivo meneándola de contínuo para que se liquide, en cuyo caso se echan polvos de piedra dura sin cesar de mover la mezcla hasta que se forma una pasta no consistente. Entonces puede emplearse introduciendo al mismo tiempo el hierro en la caja ó sitio donde haya de fijarse.

246. El *mastic de vidrieros* es una pasta muy consistente de albayalde batido en aceite de linaza.

El de carpinteros ó sea la *masilla* se hace con ocre, cerusa ó blanco de España y aceite de linaza.

CAPÍTULO II

Materiales metálicos

ARTÍCULO I

Minerales metálicos.

247. METALES Y SUS CRIADEROS.—Son los *metales* unos cuerpos que tienen brillo particular y un peso considerable bajo una magnitud relativamente pequeña; que no dejan pasar la luz al través de su masa, es decir, que son opacos; que son maleables y dúctiles pues pueden extenderse en láminas muy delgadas y en hilos muy finos; y que cuando se calientan en un punto cualquiera de su masa, propagan rápidamente el calor á toda ella. Son también buenos conductores de la electricidad.

248. Los metales se presentan rara vez *nativos*, es decir, exentos de otra sustancia. Generalmente están combidados con otros cuerpos que les quitan su aspecto y todas ó casi todas las propiedades que pueden apreciarse en ellos por la simple inspección cuando están solos.

Toma el nombre de *criadero* la parte de mineral útil que se presenta dentro de una roca que le sirve de *caja:* las sustancias minerales que contienen los metales en las condiciones necesarias para que convenga su extracción, se llaman *menas.* Éstas se hallan acompañadas de otras sustancias estériles, lapídeas las más veces, llamadas *gangas* y aquéllas son más ó menos *ricas* según es mayor ó menor la cantidad de metal que contienen. Los cantos ó destrozos de ganga que tienen algo de mena se llaman *baciscos.*

Los criaderos se clasifican de varias maneras: 1.°, en *filones* cuando se presentan en grietas regulares de una longitud y profundidad considerables siendo su espesor ó potencia muy pequeña y formando una especie de muralla encerrada en las rocas que le sirven de caja; 2.°, en *vetas* cuando las grietas no tienen tanta regularidad y constancia como los filones; 3.°, en *masas* si se presentan en grandes rocas de distinta naturaleza que la general del terreno y que contienen minerales utilizables; 4.°, En *capas* cuando entre las capas ó tongadas de los terrenos de sedimento se encuentra alguna ó algunas de una sustancia distinta que puede explotarse como mena, y 5.°, en *bolsas* ó *bolsones* cuando entre los terrenos de sedimento se encuentran masas aisladas ó bloques de mena que si son pequeños se llaman nidos ó riñones.

Las excavaciones ó *minas* que se practican para arrancar y extraer los minerales pueden ser como las de las canteras, á cielo abierto ó subterráneas siendo sus operaciones análogas con la diferencia de que para obtener minerales que contengan sustancias aprovechables es indiferente que los trozos arrancados sean grandes ó pequeños con tal que sean minerales en su totalidad y lo más limpios posible.

249. MENAS Ó MINERALES DE HIERRO. —El hierro nativo es muy escaso en la superficie de la tierra donde constituye el hierro llamado *telúrico* que es casi completamente puro, pues lo más que puede contener son cortas porciones de carbono y grafito. Los *meteoritos*, *aerolitos*, *bólidos* y *piedras de rayo* son formadas de hierro esponjoso y celular mezclado con algo de niquel y con pequeñas porciones de cobalto, cromo, molibdeno y manganeso. Estas piedras-metales fueron sin duda las que, como hoy sucede en la Oceeanía y en Groenlandia, suministraron el primer hierro valiéndose únicamente del martillo y del cincel.

Los minerales que hoy se emplean para la ex-

tracción del hierro ó sea para su beneficio, son los *peróxidos*, los *oxidulados* y los *carbonatos* de hierro, es decir, aquellos minerales en que este metal se encuentra combinado con el oxígeno y con el ácido carbónico, los cuales son fáciles de separar del metal.

250. Entre los *peróxidos* ú *óxidos férricos* hay dos clases: la una *anhidra* ó sin agua de combinación, cuya raya presenta un color rojo vivo y la otra *hidratada* con la raya amarilla ó pardo-amarillenta.

En la primera clase se comprenden el hierro *oligisto* ó *brillante* con las variedades *martita* y *micácea* y el hierro *rojo* ó *hematites rojo*. Los primeros ofrecen colores grises de acero con irisaciones azuladas muy vivas; la raya hecha en su superficie con un cuchillo es roja de guinda y su brillo es metálico. Los otros presentan el color rojo de sangre ó de cereza, rojo-parduzco ó pardo, raya roja de sangre y brillo escaso. Contienen estos minerales de 69 á 70 por 100 de hierro.

A la clase de minerales *hidratados* pertenece el hierro *pardo* en las siguientes variedades: *limonita, hematites parda* ó *geotita, compacto* ó *limonita en roca, fibroso, limonita en granos, oolítico* y *pisolítico, geódico* ó *piedra de águila*. Estos minerales tienen un color pardo de clavo, pardo-amarillento ó pardo-negruzco, su raya y polvo son amarillos y son menos ricos que los anhidros (55 por 100).

251. El hierro *oxidulado* ú *óxido ferroso férrico*, denominado también *magnético*, es el más rico de estos minerales (71 á 78 por 100) y el más á propósito para la obtención del acero siendo el que posee el imán natural que atrae las limaduras del hierro. Su aspecto es pardo, gris oscuro ó negro así como el polvo á que puede reducirse y su raya tiene brillo metálico.

252. El hierro *carbonatado* ó *siderita* es anhidro y está impurificado comunmente por óxido de manganeso y por magnesia. Lo hay de dos clases: *espático* y *lithoide*.

El hierro *espático* está formado en gran parte de carbonatos de hierro cristalino y aun cristalizado. Es de brillo cristalino y blanco anacarado, su color característico es el gris amarillento y el amarillo de guisante más ó menos rojizo ó pardo pero la raya es blanca. Contiene de 50 á 55 por 100 de hierro y da con facilidad el acero por lo que se le llama también mena de acero.

El hierro *carbonatado lithoide* tiene un aspecto terroso, es más impuro que el espático y no es propio para la obtención del acero pero se encuentra generalmente mezclado con capas de hulla que facilitan su beneficio como sucede en Inglaterra donde lo hay en abundancia con 40 por 100 de metal.

Hay un mineral que deriva de los carbonatos de hierro espáticos el cual por la exposición al aire pierde su ácido carbónico quedando el óxido de hierro y absorbiendo cierta cantidad de agua. Su color lo cambia entonces en pardo cada vez más oscuro.

253. MINERALES Ó MENAS DE PLOMO. Es muy raro el plomo nativo encontrándose si acaso unido á la galena en pequeñas partículas.

La mena más abundante de plomo es la *galena* ó sea un sulfuro de plomo que contiene á menudo plata y cortas cantidades de hierro y cinc. Es de textura hojosa, laminar ó granuda y presenta color gris de plomo ó de acero, con raya igual ó negra agrisada y brillo metálico muy fuerte. *(a)* Contiene 88 por 100 de plomo y existe unas veces en filones regulares muy abundantes y ricos y otras veces en capas interrumpidas y nódulos.

254. Con el nombre de *plomo blanco* y también con el de *menas terrosas de plomo* se conocen la *cerusa*, que es un carbonato de plomo y la *anglesita* ó *vitriolo de plomo*, que es un sulfato. Su aspecto es terroso, su color blanco, amarillento, gris ó pardo y su brillo craso y diamantino fuerte. *(b)*

La riqueza de estas menas, cuando están puras, oscila entre 65 y 77 por 100 de metal.

La *piromorfina, plomo-verde* y *plomo-perla* es un fosfato de plomo unido á un equivalente de cloruro del mismo metal, incoloro alguna vez y casi siempre teñido de verde de hierba, verde amarillo ó de pardo de clavo. Tiene brillo craso y raya blanca.

La *crocoisa* ó *plomo rojo* es un cromato de plomo, color rojo de jacinto ó anaranjado, con brillo diamantino y raya amarilla.

255. MINERALES Ó MENAS DE CINC Ó ZINC.—Los que se benefician para la obtención del cinc son las *calaminas* en especial y la *blenda*. Entre las primeras están la *calamina blanca*, la *cincosina* y la *calamina silicífera*.

(a) La mena laminar muy marcada se conoce en el comercio con el nombre de *alcohol de alfareros*, porque se emplea pulverizada para hacer el vidriado de l s objetos de barro.

(b) De este mineral se extrae tambien el *albayalde*.

La *calamina blanca* es cinc carbonatado anhidro con algunos óxidos comunmente metálicos. Su aspecto es terroso y su color gris claro, amarillento ó pardo é incoloro cuando puro. En este estado contiene 58 por 100 de cinc. Su brillo es cristalino ó anacarado y su raya blanca. Es el mineral más rico y abundante y por ser el más fusible es preferido para la extracción del cinc.

La *circosina* es cinc hidro-carbonatado y se cree que procede de la alteración de la calamina con la que está siempre asociada. Su color es blanco ó blanco amarillento, su raya es brillante, se adhiere á la lengua y en contacto del agua absorbe de este líquido una tercera parte de su peso, pero la pierde por la calcinación.

La *calamina silicífera* es un silicato de cinc hidratado con mezcla comunmente de carbonato de cinc ó verdadera calamina. Tiene colores blancos, grises, amarillos, rojos, verdes y azules siendo también á menudo incoloro. El brillo es cristalino y anacarado.

256. La *blenda* ó *esfalerita* es un sulfuro de cinc, de color amarillo y rojo pardo, verde ó negro, y brillo diamantino craso; la raya presenta aspecto terroso y generalmente pardo ó amarillo. Cuando pura, contiene esta mena 66 por 100 de cinc.

257. MENAS Ó MINERALES DE COBRE. —De todos los metales útiles este es el que más abunda en estado nativo. Es de un color rojo característico y se encuentra en cristales regulares.

Las menas de cobre se denominan *sulfatadas* ó *piritosas* cuando contienen azufre y cuando no, *ocráceas* ú *oxidadas*.

258. Son *piritosas* las siguientes:

La *calcosina* ó *sulfuro de cobre* de color gris oscuro y con polvo negro; tiene lustre metálico y es tan tierna que se deja cortar con la navaja. Contiene 79 por 100 de cobre.

La *cobelina,* semejante á la anterior aunque con plata por lo que solo contiene 65 por 100 de cobre.

La *filipsita* ó *cobre abigarrado,* combinación de azufre, cobre y hierro con algunos otros minerales por lo que varía mucho su riqueza y color aunque por lo común es pardo, rojizo ó gris. No tiene brillo metálico.

La *calcopirita* ó *pirita de cobre,* compuesta de sulfuro de cobre ó sulfuro de hierro, de color amarillo, de latón ó de oro, con tintas azuladas é irisadas muchas veces: su raya es casi negra y el brillo metálico muy fuerte. Es la mena más abundante y explotada.

La *panabasa* ó *cobre gris,* sulfo-antimoniuro de cobre con algo de sulfuro, conteniendo también cantidades variables, cortas por lo general, de hierro y de cinc, de plata y aun de mercurio, que sustituyen al cobre. Tiene casi siempre un aspecto semimetálico, brillo metaloide intenso y un color gris de acero con raya negra ó roja, si hay mucho cinc. Contiene hasta 40 por 100 de cobre.

Mezclada con el anterior se encuentra la *tenantita* ó *cobre gris arsenífero,* de composición poco fija. Tiene un color gris de plomo negruzco ó negro de hierro y la raya es gris rojiza oscura, el brillo poco fuerte y á veces nulo.

La *bournonita,* que es un sulfo-antimoniuro de cobre y plomo con cantidades algo considerables á veces de plata. Tiene un color gris de acero oscuro ó casi negro y brillo metálico. Se beneficia para la obtención de cobre y plata.

259. Entre las menas *ocráceas,* que son menos numerosas que las piritosas, se consideran las siguientes:

La *cuprita* ó *cobre rojo,* que es un protóxido de cobre ó cobre oxidulado, tiene aspecto térreo ó vítreo, color rojo de cochinilla ó rojo oscuro y raya parda. Cristalizado es transparente.

La *malaquita* ó *cobre verde de montaña,* es un carbonato hidratado de cobre bibásico, de color verde esmeralda más ó menos oscuro ó de cardenillo y brillo diamantino, vítreo ó sedoso. Contiene 64 por 100 de cobre.

La *azurita* ó *malaquita azul,* es un carbonato sesquibásico, de cobre hidratado, de color azul Prusia y de caracteres análogos á la anterior, con la que de ordinario se presenta asociada.

260. MENAS DE ESTAÑO.—El estaño se extrae de la *casiterita* ó *estaño oxidado,* que es un bióxido de estaño, de textura compacta, color pardo amarillento, pardo rojizo ó casi negro, brillo diamantino y craso y raya blanquecina. Contiene casi siempre óxidos de hierro y de manganeso: se encuentra en filones estrechos y algunas veces en forma de cantos rodados que presentan vetas de diferentes colores, parecidas á las de la madera de cerezo ó de palo santo, llamándose entonces *estaño madera.* Cuando la masa es pura, contiene 78 por 100 de metal.

ARTÍCULO II

Metalurgia en general.

261. METALURGIA. — Trata la metalurgia de las operaciones á que se someten las menas para obtener de ellas los metales y se llaman *fábricas, ferrerías* ú *oficinas de beneficio* los establecimientos donde se ejecutan.

Las operaciones necesarias para extraer los metales son *mecánicas* ó *químicas;* las primeras tienen por objeto separarles las sustancias térreas ó pétreas, tales son la trituración, el lavado y la calcinación; las segundas están destinadas á descomponer los óxidos, los sulfuros, carbonatos, etc., del metal que se beneficia, y aislar á éste buscando reacciones químicas entre los diferentes cuerpos que forman la especie mineral de que se trata para presentárnoslo puro y en la forma que pide el uso á que se destina. En general, para aislar los metales se buscan ciertos cuerpos que tengan mayor tendencia á combinarse, es decir, mayor afinidad con el cuerpo que está asociado al metal que el metal mismo.

262. PREPARACIÓN MECÁNICA DE LAS MENAS. — Al extraer un mineral se arranca no solamente la mena ó parte utilizable, sino también la ganga (248) ó sea la parte de roca donde el filón está enclavado, y conviene, por lo tanto, separar ésta cuanto antes y por los medios más económicos que sea posible, á fin de no someter á los procedimientos verdaderamente de beneficio sino la parte donde se encuentra el metal que son las menas. Las operaciones mecánicas que conducen á este resultado se conocen con el nombre de *preparación mecánica de las menas* y consisten en reducir el mineral á trozos pequeños para escoger á mano los que sean utilizables, desechando desde luego los que solo tienen ganga y separando el resto en dos clases: en una las menas y en otra los que tengan alguna ganga, los cuales unas veces se dejan al aire para que se descompongan y otras se someten á la acción de corrientes de agua por medio de aparatos dispuestos con este objeto.

263. PROCEDIMIENTOS METALÚRGICOS. — Una vez preparadas mecánicamente las menas se las somete á los procedimientos llamados *por la vía húmeda ó por la vía seca.*

Por los primeros se procura separar el metal de los cuerpos combinados con él, disolviendo las menas en ciertos líquidos y precipitándole luego de esta disolución por medios adecuados al efecto, ó volatilizando el líquido para obtener sólo el metal.

Los aparatos de la vía húmeda son estanques ó depósitos practicados en el terreno y revestidos de manera que no permitan las filtraciones, cubas de madera bien sujetas con aros de hierro ó calderas y aun hornos.

En muchas ocasiones se obtiene por la vía húmeda una concentración que completa la preparación mecánica y se aisla después el metal por la vía seca. Los procedimientos de ésta son distintos según el resultado que se trata de obtener.

264. Los procedimientos de la vía seca son aquellos en que las menas se someten á una temperatura elevada que altera su composición, bien volatilizando algunos de los cuerpos que entran á constituirlas, bien oxidando algunos otros, bien fundiendo la totalidad de la sustancia.

Cuando se trata de volatilizar algunos cuerpos, oxidar ó clorurar otros, etc., la operación se designa con el nombre de *calcinación,* y cuando son precisas algunas reacciones por medio de una elevada temperatura que liquide la mena para obtener el metal ó un cuerpo en que se halle éste más concentrado, se denomina *fusión.*

265. En muchas ocasiones, el tratamiento á que se someten las menas consta de ambos procedimientos, destinándose casi siempre los de la vía húmeda á obtener una concetración que complete la producida por la preparación mecánica, y los de la vía seca á aislar el metal, produciéndolo en las condiciones oportunas para la venta ó para su empleo

266. CALCINACIÓN. — Cuando se trata de cuerpos que no son fácilmente fusibles, la operación de calcinarlos necesita pocas precauciones, pero si la mena tiene predisposición á fundirse, deben tomarse muchas precauciones.

La calcinación se hace con diferentes objetos 1.°, volatilizar un cuerpo para obtenerlo después condensándolo, cuya operación se llama *destilación* si el cuerpo que se obtiene es líquido y *sublimación* si es sólido; 2.°, expulsar del mineral algunos cuerpos que no se trata de aprovechar, pero que conviene separar de él para las operaciones sucesivas; 3.°, oxidar alguna de las sustancias que entran á componer el mineral ó clorurar los cuerpos empleando en el primer caso el aire atmosférico y en el segundo un cuerpo capaz de desprender cloro

por medio de su mezcla con el mineral á la temperatura y en las condiciones oportunas para la calcinación, y 4.°, reducir, es decir, separar del oxígeno con que se hallan combinados algunos metales, por medio de cuerpos que tengan con aquél más afinidad que el metal de que se trata.

Para verificar la calcinación se reduce el mineral á trozos ó se tritura hasta reducirlo á polvo, variando el medio de llevar á cabo la operación en uno y otro caso. Los trozos deben ser de igual tamaño para que se calcinen todos del mismo modo, no haciéndolos demasiado pequeños, á fin de que dejen los huecos necesarios para el paso de la corriente del aire; ésta no puede verificarse cuando el mineral se reduce á polvo y hay que removerlo continuamente por medio de palas y de barras de hierro llamadas *espetones*.

267. Los aparatos en donde se verifica la calcinación de las menas varían según el uso á que se destinan. En ciertos casos, sobre una explanada se hace un *montón* de mineral, preservándolo de los agentes exteriores por medio de una capa de menudos, á los cuales suelen agregarse algunas otras sustancias. La explanada se cierra otras veces por tres ó cuatro muros perpendiculares entre sí y que tienen huecos á diferentes alturas, con objeto de dejar paso al aire indispensable para la combustión, á cuyos espacios se llama *plazas muradas*. Por último, las menas se calcinan en *hornos* ó sean espacios cerrados por completo, pero con algunas comunicaciones entre el interior donde se colocan las menas y el exterior.

En los montones, los trozos de mineral pueden ser de diferente tamaño, colocándolos en las condiciones que les convengan, para que al final de la calcinación se encuentren todos alterados de la misma manera; la clase de combustible depende de la naturaleza de la mena, aunque por regla general es el ramaje ó leña formando una capa que se llama *enchascado*, encima de la que se coloca el mineral con los trozos mayores en la parte inferior y central y dejando á trechos unas canales para la circulación del aire que terminan en una chimenea central. El montón se cubre con una capa de tierra llamada *camisa*, la cual no llega al suelo, para que por esta parte penetre el aire.

Las plazas muradas se hacen de disposiciones distintas: el combustible, que por lo común es leña rajada ó ramaje y algunas veces carbón, se pone en una capa sobre el suelo y en otras superiores alternando con las menas, las cuales se colocan en capas también alternantes de grueso y menudo y el todo se cubre con tierra como en los montones.

268. FUSIÓN.—Para fundir ó liquidar los minerales se precisan los *hornos* ó espacios cerrados donde la separación de las diversas sustancias se verifica por sí sola en virtud del diferente peso específico de unas y otras, consiguiéndose el metal al estado que se llama *regulino*, separado de las *escorias*, en las cuales se reunen las materias pétreas ó gangas y las que se agregan para facilitar la fusión, llamadas *fundentes*.

En algunos casos se *afina*, es decir, se somete la masa después de fundida á un medio de oxidación, que es casi siempre una corriente de aire, frío unas veces, caliente otras, que en virtud del oxígeno que contiene, oxida ciertos cuerpos haciéndolos más ligeros; obligados por esta propiedad á subir á la superficie del baño metálico, ó corren por sí al exterior de los aparatos ó se separan por medio de herramientas y útiles á propósito, ó son absorbidos por ciertos cuerpos ó por los mismos materiales de que está construido el aparato.

Ocasiones hay en que atendiendo á la diferencia de fusibilidad que presentan unas materias de otras, es preferible fundir aquellas que se liquidan á una temperatura comparativamente baja y separarlas por este medio de las otras, á cuya fundición parcial se llama *licuación*.

También se suele someter la mezcla de varios metales fundidos á un enfriamiento lento, en virtud del cual uno de ellos se solidifica tomando la forma de cuerpos regulares, cubos, octaedros, etc., mientras los otros permanecen líquidos todavía. Este caso recibe el nombre de *cristalización*.

269. HORNOS. — Los espacios cerrados en que se verifican las operaciones de fundición se llaman *hornos*, denominándose *de cuba* cuando el combustible está mezclado con el mineral ó alternando con él por capas; *de reverbero ó de llama* y también *boliches* cuando el combustible se encuentra separado de las menas en un espacio especial, y *de vasijas ó de crisoles ó de retortas* cuando no sólo está el combustible separado del mineral sino que éste se encuentra encerrado en vasijas. En todos ellos, el aire necesario para la combustión y para las reacciones se obtiene por el tiro determinado por chimeneas, es decir, por corriente natural ó por la inyección con máquinas sopladoras ó sea por corriente forzada.

270. Los *hornos de cuba*, cuya sección representa la *fig. 53*, constan de un espacio cilíndrico ó cónico *C* llamado cuba, cuya *camisa* ó revestimiento interior se hace con materiales refractarios, reforzado algunas veces por la parte exterior por medio de planchas de hierro dulce ó colado. Entre una y otra parte se deja un espacio que se rellena de escorias trituradas ó de otro material que conduzca mal el calor. Por la abertura superior ó boca *ab*, llamada *tragante*, se introducen los minerales, el combustible y los fundentes. La parte inferior *K*, llamada *crisol*, recibe el baño líquido de metal saliendo las escorias que sobrenadan por una abertura ó *bigote A*, cuyo borde *D*, llamado *dama*, presenta un plano inclinado para que vierta bien las escorias; las materias beneficiables van reuniéndose en la parte inferior del crisol en virtud de su mayor peso específico para ser extraidas por un orificio llamado *piquera*, situado en el punto más bajo, el cual está cerrado con un tapón de arcilla refractaria, de carbonilla, etc. La entrada de aire para la combustión se efectúa por aberturas *T* llamadas *toberas* y la salida de los productos gaseosos por el tragante cuando está abierto, y si no, lamiendo las paredes para escaparse por orificios ó canales *G* construidos exprofeso en lo más alto del horno, los cuales los conducen á cámaras de condensación ó á hogares donde se queman las materias combustibles que aun llevan en bastante cantidad. En este caso se coloca sobre el tragante *ab* un marco de hierro colado á modo de brocal de un pozo, de cuyos costados parten tubos para que los gases marchen por ellos; en el medio presenta la abertura suficiente para cargar el horno. La parte de fábrica expuesta al calor más fuerte tiene incrustadas cajas de hierro con salida al exterior, por las cuales se hace correr agua fría, manteniéndose de este modo la fábrica á una temperatura más baja con objeto de evitar su deterioro. Las paredes de la obra se hacen también muy delgadas, de materiales refractarios ó de hierro, haciendo correr alrededor de ellas una corriente constante de agua.

Los hornos de cuba se dividen relativamente á su altura en hornos *bajos*, que son los que tienen menos de 2 metros de altura; *semialtos*, los que la tienen de 2 á 6 ó 7 metros, y *altos (fig. 54)*, los que pasan de esta cifra y que alcanzan hasta 29 metros con una capacidad de más de 1.000 metros cúbicos. Los altos hornos de España para el beneficio de los minerales de hierro llegan á 17 metros. Se hacen también unos hornos bajos llamados *hogares* ó *forjas*, reducidos á una cavidad de 50 á 60 centímetros, practicada en un macizo de arcilla y carbón que se llama *brasca*, con una ó dos toberas en la parte más alta del aparato y una chimenea que recoge los humos y los vapores que da la forja, los cuales se desprenden y son lanzados á la atmósfera á bastante altura para que no molesten. Se cubren también con una bóveda, en cuya parte superior y lateral existe una abertura para la salida de los gases.

271. Los *hornos de reverbero (fig. 55)*, constan de un hogar *H* para la combustión, de un laboratorio *L* donde se colocan las menas y los fundentes y de una chimenea *C* que determina la corriente de aire necesaria para que el combustible arda. El hogar que tiene su rejilla para el paso de las cenizas, se construye de materiales refractarios y está cubierto con una bóveda *bod* que á veces tiene un orificio por donde pueda introducirse aire frío para disminuir el tiro. En muchos hornos tiene esta bóveda unas aberturas provistas de tolvas, ó sean embudos de hierro con una tapadera móvil para introducir en el horno, cuando hace falta, la carga que se tiene preparada en las citadas tolvas. El laboratorio tiene además en sus costados algunas aberturas llamadas *puertas de trabajo* para maniobrar las materias que están en el interior y su solado llamado *plaza* tiene forma plana ó cóncava, según haya de servir para calcinar ó para fundir. En los reverberos de fusión no tiene más de 4 metros de longitud; pero si las menas no han de sufrir más que una calcinación se les da hasta 10 y 12 metros. En los hornos de fusión los materiales destinados á la construcción de la plaza del laboratorio son las margas calizas, las arcillas carbonosas, la arcilla silícea y otras análogas. Si se destinan á la calcinación de las menas se emplean ladrillos refractarios puestos de plano ó losas de una piedra bastante refractaria para no alterarse con la temperatura que se va á producir en ellas. En unas y otras el puente *P*, que está expuesto á un calor más fuerte que el resto del horno, se hace de materiales refractarios de primera calidad y se deja en su interior un hueco en comunicación con el aire exterior ó con las bóvedas inferiores sobre las que se emplaza el laboratorio.

272. Los *hornos de crisoles* son espacios de planta generalmente circular ó poligonal y algunas veces rectangular, en cuyo centro hay una rejilla

alrededor de la cual se colocan las vasijas que contienen la mena. Están cubiertos por una bóveda rebajada, y bien sea en ésta, bien en una de las paredes laterales, según los casos, existen tantos orificios como vasijas hay, á fin de poder examinar ó extraer el contenido y volver á cargarlos. Unas veces tienen chimenea y otras no, el hogar se sitúa en el centro ó en un extremo, estando en el otro la chimenea.

173. CHIMENEAS.—Rara vez se pueden situar junto al horno y en ocasiones conviene construir una sola común á varios aparatos de una misma ó de distintas clases, estableciendo conductos llamados *tragantes* cuando no tienen ningún otro uso.

La chimenea es un conducto circular ó cuadrado, casi siempre vertical, de muy poca sección relativamente á su altura, mediante el cual se establece una corriente de aire desde el cenicero, en el que activa la construcción, arrastrando luego la llama sobre las menas que se encuentran en el laboratorio para salir finalmente al exterior en virtud del menor peso específico que tiene el aire caliente respecto del aire frío. A causa de esta diferencia, la presión de la atmósfera en el hogar es mayor que en la chimenea, y establece la corriente de aire que es lo que se llama *tiro*, dependiendo su mayor ó menor actividad de la altura de la chimenea, de su sección, de la temperatura á que se encuentra el aire en su interior y de las resistencias que al paso de la columna gaseosa oponen los rozamientos, estrecheces, cambios de dirección, etc. La sección de la chimenea es generalmente mayor en la parte baja que en la alta y en ésta suele colocarse una compuerta de hierro que se maneja desde la parte baja próxima al horno por medio de una palanca acodillada y una cadena ó varilla. Los tragantes que conducen los humos de varios hornos al pie de la chimenea deben ser paralelos antes de entrar en el general donde se reunen y han de tener todos próximamente la misma longitud para que el tiro sea igual en todo.

Las chimeneas se construyen algunas veces de planchas de hierro, pero comunmente son de ladrillo, que debe ser refractario en la parte inferior.

274. APARATOS ACCESORIOS Y AUXILIARES.—La elevada temperatura de los hornos y la corriente de viento que la activa, hacen que los cuerpos volátiles transformados en vapores y el polvo tenue, que en muchas ocasiones contiene grandes cantidades del metal beneficiable, salgan del interior de los hornos como perdidos, y se procura aprovecharlos haciéndolos pasar por aparatos de paredes generalmente delgadas, donde se condensen los vapores ó se depositen los cuerpos arrastrados.

Los condensadores son unas veces grandes cámaras de fábrica, otras largas galerías del mismo material ó de tablas calafateadas y otras tubos de hierro, de barro y á veces hasta de lona, que en el primer caso se enfrían por medio de corrientes de agua.

Cuando se trata de retener el polvo basta establecer una gran cámara antes de la chimenea ó galerías como las de condensación, construidas en zig-zag con idénticos materiales y que dejen paso fácil al calor.

En muchas fundiciones no es bastante la corriente natural que establecen las chimeneas y hay que acudir á máquinas soplantes ó fuelles, con los cuales se comprime á mano ó por medios mecánicos el viento, dándole salida por un orificio estrecho ó por varios para que actúe sobre el combustible. Los fuelles son ordinarios, de pistón, hidráulicos y giratorios.

Se calienta el aire que se inyecta en los hornos para quemar mejor el combustible. Para ello se hace que el aire circule por conductos de arcilla ó de hierro rodeados por los gases calientes que se escapan de los hornos ó haciéndole atravesar alternativamente por una serie de ladrillos enrojecidos.

Los gases que se desprenden de los altos hornos de fundición de hierro principalmente, pasan á conductos desde los cuales salen á los puntos en que se deben quemar, disponiendo los tragantes de tal manera que puedan recogerse los gases que en ellos se forman para conducirlos á la parte exterior de los aparatos de calefacción del aire ó á la parte baja de las calderas de vapor, etc.

ARTÍCULO III

Metalurgia del hierro y del acero.

275. PRODUCTOS FÉRREOS.—La industria y el comercio presentan estos productos en cuatro estados: *hierros dúctiles ó soldados*, *hierros colados*, *aceros soldados* y *aceros fundidos*. Son maleables los hierros y aceros soldados y no ma-

leables los fundidos, distinguiéndose los hierros de los aceros en que éstos se endurecen con el temple y los hierros no. Por su composición química se diferencian en que mientras el hierro dúctil ó soldado contiene muy poco carbono, la fundición ó hierro colado llega á tener de 4 á 6 por 100 y el acero tiene la proporción entre las del uno y del otro producto.

La dureza de estos materiales, su gran resistencia, su poco volumen, la facilidad de darles cualquier forma y su gran abundancia han hecho que su empleo se extienda cada vez más en la construcción, ya formando parte auxiliar ó integrante. ya constituyendo el conjunto de una obra y haciendo posibles los adelantos de la época.

Los hierros y los aceros tienen en cambio el inconveniente de oxidarse fácilmente con la humedad recubriéndose de una capa de orín ó moho que es un sesquióxido de hierro hidratado, oxidándose más el limado que el sin limar, excepto en aquellos puntos en que el rozamiento les da un pulimento que los preserva. La humedad les perjudica más si es salitrosa y en mayor proporción el agua salada que la dulce. Los ácidos enérgicos también atacan y disuelven estos productos y se combinan fácilmente con los metaloides exceptuando el hidrógeno y nitrógeno.

276. BENEFICIO DE LOS MINERALES DE HIERRO.—Necesitan pocas operaciones preparatorias, pues en la casi totalidad de los casos basta exponer algún tiempo los minerales á la acción del aire libre para que se desprendan de la ganga cuando ésta es arcillosa, ó se tritura el mineral y se le expone á la acción de una corriente de agua para librarle de la arcilla. Algunas veces se tuestan los minerales en montones ó plazas muradas con objeto de separarles el oxígeno, aunque generalmente se verifica esta reducción en la parte alta de los hornos donde se benefician.

Para este fin, dos son los procedimientos que se siguen en las herrerías ú oficinas de beneficio para extraer el hierro de los minerales que lo contienen: el seguido hasta hace poco tiempo llamado de forjas *á la catalana* y el de los *altos hornos*.

277. Por el primero se someten los óxidos de hierro, que deben ser muy ricos, en unión del carbon vegetal á la acción del calor en pequeños hogares ó forjas *(fig. 56)* que tienen la forma de una cavidad cuadrangular abierta en un macizo de piedras trabadas con arcilla, su fondo ó crisol *es* es de granito y sobre él se levantan verticales los dos costados y la pared *bc* llamada *porga*, siendo curva la opuesta *sd* que tiene el nombre de *ora ó contraviento* y está cubierta de fuertes chapas de hierro. Por el lado de la porga está la tobera *at* inclinada de 40 á 45° cuyo objeto es introducir una corriente de aire por medio de fuelles movidos á mano ó por medio de una *tromba*, la cual consiste en un depósito de agua superior, de cuyo fondo parte un conducto que termina en una caja cuadrangular en la que hay dos aberturas, una en el fondo y otra en la tapa. A medida que cae el agua por el conducto, se introduce también con fuerza una corriente de aire que al llegar á la caja, no pudiendo salir por la abertura del fondo obstruido por el agua lo hace por la superior que comunica con la tobera.

El mineral y el carbon de leña por capas alternas ocupan la parte del hogar contra la porga, estando llena la opuesta con carbón de leña el cual es reemplazado á medida que se consume. Merced al aire de la tobera, el carbón arde transformándose en óxido de carbono y ácido carbónico y el mineral se calienta fuertemente: la sílice que forma la ganga se une á parte del óxido de hierro para formar un silicato que se funde y sale en estado pastoso por un agujero practicado en una de las paredes laterales de la forja. El óxido de carbono, reaccionando sobre el resto del óxido de hierro lo transforma en hierro metálico, pasando al estado de ácido carbónico. Al final de la operación se activa el fuego y se reunen por medio de hurgones todas las partículas metálicas que acuden al fondo del horno sin fundirse, formando con ellas una bola ó masa esponjosa llamada *zamarra*.

La zamarra se bate después con el *martillo frontal (fig. 57)*, colocándola encima del yunque donde por efecto de los golpes se agregan las partículas metálicas espeliéndose las escorias ó materias extrañas. La zamarra se fracciona luego en cuatro partes que se calientan de nuevo y se forjan después con el mismo martillo dándoles la forma de barras ó *tochos*. La operación dura 6 horas y produce 140 á 150 kilogramos de metal llamado *hierro común* por 450 á 500 de mineral y otro tanto de carbón.

Este procedimiento, llamado también *directo*, produce hierros y aceros forjados de excelente calidad pero que resultan caros porque del óxido de hierro destinado á obtenerlos se desperdicia mucho y el

carbón, que ha de ser vegetal, cuesta más que la hulla la cual no puede emplearse por contener sustancias que alteran la pureza del hierro.

278. Por estas causas no se sigue ya el método catalán para la obtención del hierro dúctil y se somete en cambio el mineral á una elevada temperatura (1500 grados) para fundir ó liquidar primeramente el mineral en altos hornos, procediendo después al afino y otras operaciones con objeto de darle maleabilidad.

En los altos hornos *(fig. 54)*, se introduce el mineral con el fundente *(a)* en capas alternadas con el combustible que es cok, para producir dicha temperatura mediante una fuerte corriente de aire que se calienta antes, consiguiéndose que este se cambie en óxido de carbono á expensas del carbón y se dirija hacia arriba, y que el hierro desprendido del oxígeno se combine con alguna porción de carbón y separándose de las partes terrosas descienda en forma líquida al fondo del crisol *C* seguido de las escorias, las cuales como de menor densidad se quedan arriba y recubriéndole le protegen contra la acción oxidante de la corriente gaseosa. Estas escorias corren sobre la dama *D* y el plano inclinado que le sigue hasta un depósito donde se las deja enfriar para sacarlas fuera. El metal fundido sale por la parte inferior del crisol cada 12 ó 24 horas, abriendo al efecto el *canillero* y se dirige por una reguera de arena para distribuirlo en las *lingoteras* que son unos hoyos ó moldes practicados en el suelo. Este producto se llama *fundición ó hierro en bruto*.

279. DISTINTAS CLASES DE FUNDICIÓN Y SU DESTINO.—De los altos hornos salen dos clases de fundición: la *fundición blanca* y la *fundición gris*.

La fundición *blanca* está caracterizada por su color blanco de plata, contiene 2 á 3 por 100 de carbono con algo de fósforo ó de azufre, es de extructura luminosa y fractura brillante, dura, quebradiza al golpe del martillo por lo que también se llama ágria ó saltadiza y no se deja trabajar con la lima ni con las herramientas más fuertes. Su peso específico es de 7,58 á 7,68.

La fundición *gris* presenta un color plomizo que varía del gris claro al gris negruzco á medida que sus granos son más pronunciados, contiene de 3 á 5 por 100 de carbono y su estructura es de grano fino, porosa y homogénea presentando algunas laminitas de grafito que ha cristalizado por enfriamiento y que cuando son en mucha abundancia hacen la fundición *negra*. Es bastante tenaz, blanda y elástica y algo maleable prestándose al trabajo con el martillo y con los útiles de acero y se corta, lima y taladra bien. Su peso específico es de 7,0 término medio.

Entre estas dos fundiciones hay una intermedia que se denomina *mezclada, manchada ó atruchada* la cual contiene al propio tiempo las dos clases formando algunas veces zonas ó capas de una y otra.

280. La obtención de estas diversas clases depende mucho de la temperatura del horno donde se hace la operación, pues parece que con todas las mezclas de fusión se forma siempre en primer lugar fundición blanca y que ésta no puede pasar al estado de fundición gris sino á una temperatura mucho más elevada.

La fundición gris en fusión es susceptible de convertirse en blanca por un enfriamiento brusco y ésta fundida á una alta temperatura puede convertirse en gris si se le deja enfriar lentamente. Estas circunstancias proporcionan la ventaja de poder transformar una fundición en otra para satisfacer mejor el objeto á que se destina, pudiendo verificarse esto después de trabajarla.

Se distingue la fundición gris de la blanca, en que la primera se deja limar y la segunda no, como se ha dicho, y en que la primera tratada por el ácido clorhídrico deja un resíduo muy abundante de carbón al paso que la segunda se disuelve casi por completo.

281. La fundición blanca resiste más á la compresión que la gris, es la más pesada y dura y no se emplea más que cuando ha de resistir al desgaste, y como es al mismo tiempo la más fusible, se destina á la fabricación del hierro dúctil y del acero por refinación, por lo que se le da también el nombre de fundición de refino.

La fundición gris se presta mejor que la blanca al moldeo por su mayor fluidez y porque se contrae menos al enfriarse, prefiriéndose por lo tanto para la fabricación de objetos colados, pues llena muy bien los moldes y reproduce fielmente sus contornos, mientras que la fundición blanca saca ángulos obtusos y superficies cóncavas. Tiene ade-

(a) Los fundentes que se mezclan al mineral de hierro para facilitar el aislamiento del hierro de las gangas que lo acompañan, son: la sílice como ácido y la alúmina, la cal y la magnesia como bases.

más la importante ventaja de ser menos quebradiza por lo que se prefiere en las construcciones. En cambio es menos susceptible de pulimento que la blanca y se oxida más que ella.

El hierro colado para emplearlo en construcción sale de las ferrerías ú oficinas de beneficio con la forma definitiva que ha de presentar, es decir, moldeado, para lo que hay que colarlo en moldes como vamos á ver.

282. MOLDEO DE LA FUNDICIÓN.—La facultad que la fundición tiene sobre el hierro forjado de poderse amoldar á una forma determinada, permite proporcionar grandes masas de una sola pieza y multiplicar los objetos de formas complicadas y adornadas. Generalmente, la fundición no se cuela en los moldes según sale de los altos hornos sino que se purifica con una segunda y hasta con una tercera fusión en hornos de reverbero ó en *cubilotes*. Consisten éstos en un cilindro de palastro ó de hierro fundido más ó menos alto, de 2 á 6 metros por 1 á 2 de diámetro, guarnecido interiormente de ladrillos y de arena refractarios. El metal y el combustible que es cok, se introducen por arriba colocándose en capas alternas y el hierro líquido se saca por la parte inferior. Conviene esta afinación especialmente cuando los objetos han de pasar por cierto trabajo de ajuste, tales como las diferentes piezas de las máquinas, pues repitiéndose la fusión, adquiere el hierro fundido una homogeneidad de que carecía y gana extraordinariamente para poder moldearse.

283. Los moldes donde ha de vaciarse el hierro fundido se forman de arena mezclada con arcilla para que presente consistencia y sea porosa al mismo tiempo, acostumbrándose ennegrecerla con polvo de carbón para remediar la tendencia de ciertas arenas á fundirse ó dejar penetrar el hierro colado entre sus granos lo que produce moldeados duros y rugosos.

Cuando se trata de moldear placas en las que una superficie ha de ser plana con algunos adornos ó resaltos, basta extender la arena sobre una caja ó bastidor y apisonarla trazando en ella las figuras para verter encima el metal; pero como en la mayor parte de los casos las formas de las piezas exigen que el metal se encuentre envuelto por todas partes, se emplea un modelo para conseguir la forma en el molde. El modelo es como se sabe, la obra ejecutada á mano por un artista, escultor ó ebanista con el fin de reproducirla varias veces en el molde y se hace generalmente de madera, dándole un tamaño mayor al que debe tener la pieza fundida pues la fundición se contrae de 5 á 6 milímetros por metro.

Sobre una capa de arena extendida en el bastidor, se coloca el modelo y se rellena después cuidando de introducir algunos alambres que toquen por un extremo en el modelo y salgan fuera del molde por el otro para retirarlos cuando ya esté hecho el molde y dejar en él de este modo unos conductos que den salida al gas que se forma cuando la colada y al contacto de la fundición líquida con el molde, evitando explosiones peligrosas. El modelo se saca después dejando el hueco de su misma forma en disposición de llenarlo de fundición. Esta manera de hacer los moldes es aplicable en muy pocos casos pues generalmente las partes entrantes y salientes del modelo impiden retirarlo del molde y hay que hacer éste de dos ó más partes y aún dividir el modelo para moldear separadamente los trozos y combinarlos después unos con otros. En todos ellos deben dejarse conductos de colada para la entrada del hierro en fusión. Éste penetra por un solo punto pero se divide en un número mayor ó menor de conductos que lo dirigen á las diferentes partes del molde. Cuando la pieza tiene poca altura, el metal se extiende fácilmente en el molde sin alterar sus formas; pero cuando se trata de un objeto de alguna altura, la caida del metal destruiría más ó menos la parte inferior del molde, y para obviar este accidente se practica un sifón invertido que conduce el metal líquido á la parte inferior del molde de manera que subiendo con lentitud no produce deterioros, ó se hace llegar el metal en una dirección inclinada relativamente á la concavidad del molde para que el movimiento de rotación que toma entonces el metal atraiga á la superficie todas las materias extrañas.

Retirado el modelo del molde hay que reparar en éste los deterioros que se causan al extraer aquél y luego se limpia y ennegrece con un pincel muy suave impregnado de carbón diluido en agua con un poco de gelatina para darle consistencia y que no se deteriore en la colada del metal.

Desecado el molde en una estufa, se le espolvorea con polvo de carbón impalpable que lo aisla de la fundición y se hace la colada del hierro que puede proceder del alto horno (1.ª fusión) ó del cubilote (2.ª fusión), según se ha dicho. La fundición líquida suele ser alguna vez conducida directamente

por medio de canales practicadas en el suelo á los moldes ó llevarse por medio de cazos ó cucharas, llamadas también crisoles, que se manejan á mano cuando son de pequeña cabida ó por medio de gruas cuando contienen gran cantidad de fundición líquida.

Cuando las piezas de hierro fundido hayan de ser huecas como los tubos ó columnas, se comprende que después de hecho el molde con la forma exterior de la columna ó con el diámetro exterior del tubo ó del objeto, habrá que introducir un núcleo que represente la parte hueca ocupando el hierro en fusión el espacio comprendido entre el núcleo y el molde de la cara exterior, es decir, el grueso del objeto. En estos casos, se procura que no haya gran diferencia de espesores entre las diferentes partes, con especialidad en las uniones, porque el exceso relativo de material en un punto puede contribuir á la rotura de la pieza por los puntos más débiles.

284. Después del moldeado, los objetos se someten á un trabajo mecánico para quitarles las rebabas y la arena pegada á la superficie, así como para taladrarlos, tornearlos, etc., pero como á consecuencia de un enfriamiento rápido sucede frecuentemente que su superficie adquiere dureza y fragilidad tan grandes como si la fundición fuese blanca, se procura darles la consistencia conveniente por medio de una segunda cochura que se verifica calentando fuertemente al rojo la pieza moldeada y dejándola enfriar poco á poco.

235. CARACTERES Y PROPIEDADES DEL HIERRO COLADO Y SUS CONDICIONES.—El hierro fundido ó colado contiene, además del hierro, un 4 á 6 por 100 de carbono y otras varias sustancias, como silicio, manganeso, azufre, fósforo, etc., estando químicamente combinada una parte del carbono y del silicio, mientras que la mayor parte de estos dos cuerpos se halla mezclada en forma de grafito (grafito de carbono y grafito de silicio). Tiene un peso específico de 7 á 7,68.

Las piezas de hierro colado presentan la particularidad, cuando pasan de cierto límite, de que la capa exterior en un espesor de 3 á 5 milímetros es de grano más fino, más compacto y más duro que el restante espesor, debido á que la fundición se enfría más rápidamente en el contacto con las paredes del molde y en toda libertad de contracción, mientras que interiormente está condenada á ocupar con una solidificación más lenta todo el espacio que llenaba cuando se hallaba en fusión. Esta parte es, pues, menos compacta y resistente, de modo que cuanto mayor sea la superficie exterior, mayor es la resistencia del hierro fundido. Esta circunstancia no debe, sin embargo, influir en la determinación del espesor, porque hay que prevenirse contra la fragilidad de este material.

286. El hierro fundido es más fusible que el forjado, pues se liquida á 1.200 grados centesimales y aún á 1.050, apenas tiene elasticidad, se rompe á poco que se le tuerza, no se puede forjar ni en frío ni en caliente ni tampoco soldar, tiene poca tendencia á oxidarse y aunque admite pulimento no puede reflectar. Es menos tenaz que el forjado, pero presenta más resistencia á la compresión.

El hierro colado debe procurarse sea de un color gris y que no tenga tesuras ni oquedades. En su aplicación ha de tenerse presente que expuesto á una temperatura de 0 á 100 grados centesimales, se alarga $0^{m}00117$ por metro, ó sea $0^{m}0000117$ por cada grado de temperatura, y que los grandes fríos lo hacen agrio y quebradizo. Debe, pues, para evitar los efectos de la dilatación, dejársele cierta holgura. También se hace ágrio cuando contiene azufre ó fósforo en su composición.

287. EMPLEO DEL HIERRO COLADO.—Su más adecuado empleo es en sitios expuestos á la compresión, pero antes debe someterse á pruebas para conocer su calidad y resistencia, colocándolo entre apoyos más ó menos separados y golpeándolo. Se le carga también de cierto peso para averiguar su resistencia á la flexión.

Tiene también un gran empleo en tubería para conducción de aguas ó gases.

Sin embargo de todas sus ventajas, el hierro fundido debe emplearse con mucha parsimonia y cuidado por la desigual contracción que experimenta al enfriarse, por su naturaleza quebradiza y porque muchas veces sucede que presentando una gran homogeneidad en la apariencia, se quiebra repentinamente sin causa aparente produciendo la ruina total de una obra.

Los mismos perniciosos efectos ocasionan las ampollas y escorias que existen en el centro de la masa y que recubiertas con una capa de hierro sano hacen suponer en él una fuerza y resistencia de que carece por completo.

No están, pues, nunca demás cuantas precauciones se tomen con un material de estructura crista-

lina que resiste á una compresión enorme y se quiebra por un ligerísimo choque, que tiene una fuerza instantánea y muy poco permanente, que una helada ú otro acidente atmosférico como la lluvia lo destruye y que no avisa del peligro ni da la menor señal un instante antes de saltar con el mayor estrépito. Y el exponerlo á pruebas por fuertes que sean no da ninguna seguridad, pudiendo por el contrario suceder que la fatiga de esta operación aumente el peligro por haber verificado un cambio oculto y nocivo en la constitución de un material tan inconstante en sus resultados.

Los fatales resultados que ha dado ya en construcciones importantes, ha hecho que hoy esté desterrado casi por completo en obras de puentes que un tiempo estuvieron de moda, pero que hoy se ejecutan con hierro dulce.

En nuestro país tenemos un ejemplo bien lamentable de los efectos del hierro fundido con la caida del puente colgado de Arganda, debida á la rotura de uno de los soportes de hierro colado donde se apoyan los cables, el cual reunía las circunstancias de haber servido en el mismo objeto durante quince años, de haber sido reconocido antes escrupulosamente por el director, ya contrario al empleo de este material, y por el maestro fundidor, cuyo interés estaba en hacer uno nuevo, y finalmente la rotura se efectuó sin estar cargado el tramo á que correspondía y luego de puesta la carga de prueba en otro. Estos accidentes que han ocurrido en más de un puente colgado han contribuído á desacreditar este sistema por el abuso de querer llevar la ligereza y baratura al último extremo, y hoy se hacen los apoyos de otro material.

288. FABRICACIÓN DEL HIERRO DÚCTIL Ó SOLDADO.—Aunque las forjas á la catalana producen hierro forjado, se obtiene hoy este material *afinando* el hierro en bruto que sale de los altos hornos, el cual contiene sustancias extrañas que hay que separar, especialmente el exceso de carbono, cuya operación constituye el objeto de la teoría química de la transformación. Los procedimientos para conseguirlo son muy distintos, pero todos tienen por objeto oxidar el carbono y hacer pasar con las escorias á los demás metales, el silicio y el fósforo: pueden comprenderse en tres grupos:

1.° Cuando los hierros colados son muy puros, basta fundirlos segunda vez y someterlos á una enérgica acción oxidante en hornos especiales análogos á los de forja catalana, cuya acción tiene por resultado oxidar el carbono para que salga del horno y hacer pasar con las escorias los demás metales, el silicio y el fósforo. Este procedimiento da las bolas ó zamarras en disposición de llevarlas á las máquinas que preparan el hierro para su empleo y se llama *afino en forjas* ó simplemente *afinación* ó *afino*.

2.° Si el hierro fundido es algo impuro, además del afino anterior hay que purificarlo fundiéndolo en hornos de reverbero, que es lo que se llama *afino en reverbero, pudelación* ó *pudelaje*.

3.° Empleando métodos especiales para el pudelaje, se puede suprimir la afinación previa.

289. Por regla general, si el hierro fundido es impuro se somete á una semiafinación fundiéndolo con cok para separarle el silicio, el fósforo, el manganeso y parte del carbono. Del horno se dirige en estado líquido á una reguera donde se enfría bruscamente rociándolo con agua para hacerlo muy agrio y partirlo en fragmentos de 15 á 20 centímetros de lado, que se llaman *chapetas*, ó se le deja caer de alto en el suelo ó en una plataforma que gira rápidamente y lo reduce á gotas, las cuales se recogen en un depósito de agua. Este producto se *pudela*, es decir, se caldea en hornos de reverbero con objeto de separarle los cuerpos extraños que todavía contiene, para cuya operación se calienta el horno al rojo blanco y se introduce el metal mezclado con una cuarta parte de escorias: se cierran todas las aberturas y se abre el registro que regula el tiro de la chimenea; el metal se funde, pierde luego su fluidez y se disgrega, en cuyo momento se recogen formando bolas ó zamarras de 30 á 35 centímetros de diámetro, que se hacen rodar por el suelo del horno para sacarlas y llevarlas á las máquinas, donde se forjan ó *cinglan* antes de enfriarse.

290. La cingladura, es decir, la operación de dar al hierro compacidad, textura y homogeneidad, quitándole las escorias, lechadas é impurezas que contiene, se verifica al salir el metal de las forjas de afino ó de los hornos de pudelar y antes que se enfríe, sometiéndolo á la acción de prensas, martillos ó martinetes, que transforman las zamarras en *tochos* ó barras gruesas.

Los martillos son cada día más poderosos. No bastando el martillo *frontal* dibujado en la *fig. 57*, cuyo peso alcanza 1.000 kilogramos, se emplea el martillo pilón de 50.000 kilogramos, que se eleva

y cae resbalando entre dos ranuras practicadas en enormes montantes de hierro fundido, sobre los cuales apoya el cilindro de vapor que eleva tan considerable peso y lo deja caer sobre un yunque de 600.000 kilogramos ó más. El martillo pilón se emplea en separar las escorias del hierro, en soldar varios fragmentos reuniéndolos en una pieza, ó en dar forma ó alargar una masa de hierro.

El pilón, sin embargo, á pesar de su potencia no arroja convenientemente las escorias cuando la pieza de hierro tiene de 400 á 500 kilogramos y entonces se emplean los (squeezers) compresores consistentes en 3 cilindros horizontales acanalados que giran al rededor de sus ejes; uno de ellos puede aproximarse ó alejarse de los otros y coge la zamarra contra los otros dos oprimiéndola vigorosamente y haciéndola arrojar las escorias como el agua de una esponja.

291. Se acaba de refinar el hierro haciendo paquetes, es decir, atando varias barras ó tochos con alambre y sometiéndolas al blanco soldante en hornos de recalentado ó de reverbero de los cuales pasan al yunque y luego á los *trenes de laminadores* que constan en cada uno de sus elementos de dos cilindros de hierro fundido *(fig. 58)* que giran en sentido inverso y entre los cuales se hacen pasar 10 ó 12 veces los paquetes estrechando cada vez más las acanaladuras hasta conseguir barras ó planchas de la misma sección ó grueso en toda su longitud. En los paquetes se ponen las barras en la situación respectiva que convenga, según su calidad, para que resulten las barras de igual resistencia en toda su sección.

En el caso de tener que producir barras de una sección determinada se introducen los paquetes sucesivamente en acanaladuras *a, a,* de dimensiones cada vez más pequeñas, en las cuales se disminuye más y más su sección transversal y se obliga al hierro á tomar la forma ó sección determinada.

292. Las planchas ó láminas se obtienen sometiendo el hierro en caliente á los laminadores formados de cilindros que se aproximan lo necesario para que den el grueso que se desea. También se obtienen con el martinete, pero resulta difícil hacerlos de un grueso igual. Consiste entonces la operación en hacer en las barras de donde han de salir las planchas, unas estrías paralelas que van ensanchando el hierro batiéndolo después con la masa del martinete hasta que desaparezcan los surcos; luego se hacen nuevas estrías perpendiculares á las anteriores y se vuelve á batir para hacerlas desaparecer continuando de este modo hasta conseguir el grueso que se desee.

Conseguido el laminado de las planchas, se aplanan con mazos ó martinetes muy anchos sobre yunques ó grandes placas muy lisas los palastros que han de presentar superficies planas, y se aplican caldeados entre dos cilindros acanalados cuyas canales se correspondan entrando las del uno en las de otro cuando los palastros han de ser ondulados. La forma cilíndrica se consigue haciendo pasar las planchas entre rodillos dispuestos de cierta manera y la cónica y esférica amoldándolas en superficies adecuadas por medio de la compresión.

293. Cuando adquieren los hierros su forma definitiva se colocan rápidamente sobre un plano de fundición perfectamente horizontal y se les golpea con mazos de madera para enderezarlos ó aplanarlos; cortándolos luego á la medida conveniente por medio de tijeras, cortafríos ó sierras circulares, cuando es en sentido transversal, y con guillotinas, sierras ó máquinas parecidas á los laminadores, cuando ha de ser longitudinalmente.

El hierro obtenido por los procedimientos que se acaban de exponer toma los nombres de hierro dúctil ó dulce, forjado, maleable ó laminado y últimamente se ha propuesto denominarlo *hierro soldado* para evitar la confusión que hay entre esta clase de productos y los aceros.

294. DIFERENTES CLASES DE HIERRO SOLDADO.—Según su calidad, esta clase de hierro se denomina *dulce ó fuerte, agrio en frío, agrio en caliente* y *mestizo* y cada uno de éstos puede ser *duro ó blando* según que se deja herir más ó menos por los útiles de acero templado.

Los hierros *dulces ó fuertes blandos* provienen de minerales muy puros, tienen generalmente un color gris azulado, la textura granulosa pero en granos erizados de pequeñas puntas retorcidas y dispuestas en fibras llamadas nervios á lo largo de las barras. Con la acción del laminador ó del martillo se hacen fibrosos y algunas veces se queman haciéndose frágiles, pero se les restituyen sus cualidades con una calda. Son los hierros más puros, dúctiles y maleables de todos, se forjan y sueldan perfectamente y se doblan sin romperse, lo mismo en frío que en caliente, alargándose mucho antes de romperse por la tensión. Si las barras son buenas han de tener las fibras ó nervios blancas mate ú oscuras y brillantes.

El hierro *dulce duro* (ó hierro acerado) contiene más carbono que el anterior y conserva más tiempo con la forja su textura granulosa y aun mejora haciéndose más dulce. Sus fibras tienen un color claro, plateado y plomizo. La acción del martillo en frío lo vuelve agrio pero se le quita este defecto con una calda. Es el hierro más resistente de todos pero no se suelda tan fácilmente como el blando ni se alarga tanto por la tensión. Es susceptible de recibir un hermoso pulimento debido á la finura y homogeneidad de su grano. Hay también un hierro *semifuerte* que no se rompe en frío ni en caliente y posee las cualidades de los blandos y de los duros, pero menos marcadamente.

El hierro dulce duro se destina á la fabricación del acero, de los cables y de las chapas para calderas de vapor, y en general para todos los objetos que exigen una gran resistencia: el dulce ó fuerte y blando para las llantas y ejes, para las ruedas de carruaje, para el alambre común y la casi totalidad de los objetos de ferretería, y por último, sirve el de calidad inferior que es el semifuerte para hacer barras delgadas ó varillas, clavazón, palastro común y piezas de poca resistencia.

295. El hierro *agrio en frío* ó simplemente *agrio* rara vez es blando y siempre es quebradizo en frío, cuyo defecto es debido al fósforo que contiene. Su fractura se presenta granuda, desigual y blanquecina, sin fibras y con pequeñas láminas de un blanco de plata. Se dobla bien en caliente y se suelda con facilidad pudiéndose trabajar cuando rojo, por lo que lo prefieren los cerrajeros: en cuanto se enfría se rompe al doblarlo. Su empleo debe proscribirse por ser temibles las roturas, especialmente en obras que han de resistir choques ó grandes esfuerzos de tensión ó flexión porque se quebraría fácilmente y se emplea particularmente para clavos.

296. Los hierros *mestizos* están entre los anteriores participando de sus buenas como de sus malas cualidades según se aproximan más ó menos á unos ú otros, así que ofrecen un poco de nervio en medio de pequeñas láminas y son de un color gris entre azulado y negruzco.

297. Por fin el hierro *agrio en caliente* llamado *hierro cobrizo* ú *ojo de sapo* puede pertenecer á cualquiera de las clases anteriores y tiene la propiedad de quebrarse en caliente (al rojo cereza ó rojo oscuro), su fractura es mate, irregular y de color oscuro con muchas asperezas, fibrosa y granujienta al mismo tiempo, cuyo carácter pierde cuando se calienta. Se reducen á fragmentos cuando se les forja debido á que contienen azufre, arsénico ó cobre. Son muy duros y resistentes en frío y se doblan fácilmente: no se sueldan ni se forjan bien, y estos defectos hacen muy difícil trabajarlos por lo que son de poco uso, empleándose en piezas que no haya que calentar, como barras, carriles y viguetas para la edificación y en pequeñas obras que se hacen á martillo. Se les llama también hierros *de color* porque la temperatura á que pueden trabajarse está indicada por el color cuando se caldean, siendo sucesivamente amarillo, azul, rojo y blanco según va aumentando el calor.

298. CARACTERES Y PROPIEDADES DEL HIERRO DÚCTIL Ó SOLDADO.—En su composición química tiene de 0,24 á 0,30 por 100 de carbono y ligeros indicios mezclados mecánicamente de modo que es una mezcla de hierro con un poco de carbono de hierro. El obtenido por la afinación con carbón vegetal ó por el pudelaje contiene siempre más ó menos sustancias extrañas. Su peso específico es de 7,60 á 7,90 y se funde á la elevada temperatura de 1.500 grados centesimales.

La naturaleza del combustible empleado en la fabricación del hierro forjado ejerce una gran influencia sobre sus cualidades. Los minerales y la fundición tratados con la hulla no dan tan buenos productos como los obtenidos con carbón vegetal. Por el procedimiento seguido en su elaboración se consigue darle gran homogeneidad, haciéndole escupir ó desprenderse de las escorias y demás sustancias extrañas que pudiera haber en su mata y anular las ampollas interiores por medio de los laminadores ó del martillo. En general cuanto más forjado en caliente ha sido el hierro y cuantas más veces ha pasado por los laminadores, es más tenaz y resistente; pero debe tenerse en cuenta que el efecto de los laminadores no puede penetrar bien en hierros de grandes dimensiones y éstos por lo tanto son de menor resistencia proporcional y resultan menos densos que los trabajados con el martillo; por el contrario, en barras delgadas parece dar mejores resultados el laminador. Por esto, cuando se quieren obtener hierros gruesos de igual resistencia en toda su masa se reunen varias barras delgadas y una vez caldeado el paquete se pasa por el laminador para formar una barra gruesa. El martillado y el laminado hacen pasar al hierro del estado granudo al fibroso, aumentando, si no la

elasticidad, al menos la amplitud posible de las deformaciones.

299. El hierro forjado expuesto á la tensión tiene gran resistencia y su tenacidad y elasticidad permanecen invariables á pesar del trascurso del tiempo; pero no cuando sufre golpes ó trepidaciones continuadas, como en los ejes de carruajes donde las pierde. Para la construcción tiene la ventaja de que antes de llegar á la rotura sufre una deformación muy notable que sirve de indicio para juzgar de su estado de resistencia y se aplica con preferencia á la madera en donde haya de estar expuesto á la tracción como en los tirantes de una armadura.

El hierro dúctil se labra fácilmente con útiles de acero templado, puede pulimentarse y tornearse. Funde más difícilmente que el hierro en bruto, pues necesita una temperatura de 1500 grados centesimales; pero en cambio, la cualidad que tiene de ablandarse con el calor permite darle ciertas formas y soldarse consigo mismo exponiéndolo al rojo blanco y sometiéndolo á la acción del martillo ó de la prensa. Esta cualidad la pierde si contiene calcio.

Se oxida fácilmente con el aire húmedo, especialmente si es salino y más las partes limadas que las que no lo son. La cal lo conserva bien, pero no el yeso que lo deteriora en poco tiempo. Con la oxidación aumenta de volumen y hace estallar algunas veces las piedras en que se empotra.

La dilatación que experimenta el hierro soldado en una temperatura de 0 á 100 grados centesimales, es de $0^{m}001187$ por metro ó sean $0^{m}00001187$ por cada grado. Esta circunstancia, como en la fundición, debe tenerse presente al emplearlo.

300. DE OTROS HIERROS MALEABLES. —Con el nombre de *hierro de metralla* se fabrica uno mezclando á los lingotes obtenidos en segunda fusión ó en cubilotes, gran cantidad de hierro viejo procedente de herraduras, clavos, trozos de carriles y restos de proyectiles, por lo que se le llama también hierro *de desperdicios*.

Se obtiene un hierro denominado *mitis* que tiene las propiedades del dúctil y puede además moldearse, fundiendo retales de hierro ordinario (tiras ó pedazos de planchas, roblones, etc.) sin adición de otra sustancia. Para ello se introducen en crisoles que se someten á una alta temperatura en hornos alimentados con los resíduos del petróleo ú otro hidrocarburo líquido cualquiera, y cuando la masa está en fusión se vacía en moldes. La calidad de este hierro depende de las primeras materias que entran en su mezcla pues no se verifica ninguna reacción química en la operación. Presenta una textura granuda, se trabaja como el hierro dúctil lo mismo en frío que en caliente y se suelda consigo mismo, pero no se alarga tanto como aquél.

Llámase *hierro maleable* al hierro colado que ha sido descarburado casi por completo y se ha convertido en una especie de hierro dulce, flexible y maleable casi en el mismo grado que éste, dependiendo estas cualidades de la calidad de la fundición empleada en obtenerlo. Las piezas de hierro colado ó fundido se exponen á una elevada temperatura durante largo tiempo, el metal se desembaraza de su carbón, al menos en una gran parte, y se vuelve muy dulce á la lima pudiendo doblarse y dársele martillazos sin romperse: barras de pequeña sección se pueden forjar como el hierro dulce y aun cementarse y templarse como el acero; presenta á las herramientas mayor resistencia que el hierro colado y menos que el acero. Conviene sobre todo este hierro para fabricar pequeñas piezas que puedan fácilmente llevarse á caldear y en las que penetre el calor con facilidad á una temperatura suficiente sin llegar á la fusión, lo que sucedería con las piezas de grandes dimensiones.

301. CONSTITUCIÓN DE LOS ACEROS. —El acero es un compuesto de hierro puro con 0,60 á 1,90 por 100 de carbono y ligeros indicios de silicio y fósforo; de modo que se halla entre el hierro soldado que tiene menos carbono y el fundido que contiene más, pudiendo convertirse por lo tanto el hierro dúctil en acero añadiéndole carbono, y también el hierro colado quitándole esta sustancia. Pero no sólo el carbono puede transformar el hierro en acero: el boro, que pertenece al grupo del carbono, y también acaso el silicio, pueden reemplazarlo. La aceración es debida, sin embargo, más que á una combinación química, á un fenómeno físico que transforma la estructura molecular del hierro al convertirlo en acero.

No se ha llegado todavía á un acuerdo para explicar cómo un cuerpo fijo, el carbono, puede penetrar en el hierro. Se cree que hay una formación de carburos de hidrógeno gaseoso bastante sutiles para penetrar en las porosidades del hierro y dejar allí el carbono.

El carbono y el silicio proporcionan dureza al acero; el azufre disminuye su maleabilidad; el fósforo lo endurece, pero lo hace frágil en frío; el

manganeso también lo endurece y corrije además los defectos de la presencia del fósforo; el cobre lo hace frágil; el tungsteno acrecienta su dureza y tenacidad, así como el cromo, con el cual se obtienen aceros resistentes y elásticos.

Bajo el punto de vista de su composición química pueden, pues, los aceros denominarse carburados, manganíferos, cromados, silíceos, fosforados, etc.

302. FABRICACIÓN DE LAS DISTINTAS CLASES DE ACEROS.—Según sea el sistema que se adopte para obtener el acero, así toma diferentes nombres. Se llama acero *natural* el que se obtiene trabajando un mineral de hierro por carbón de leña ó descarburando parcialmente la fundición; acero *por cementación* el que se prepara por la carburación del hierro forjado, y acero *fundido* el que se fabrica fundiendo juntos el hierro colado con el hierro maleable para que el resultado tenga el carbono conveniente. Se obtienen además otras clases de aceros por procedimientos especiales.

Para conseguir el *acero natural* se trata en forjas á la catalana un mineral muy rico y ordinariamente manganífero con carbón de leña: la masa metálica que resulta es una mezcla de hierro y de acero, ocupando este último la parte superior, de modo que enfriándola bruscamente es fácil separar una de otra, aplicándole algunos martillazos. Cuando se exige un acero más homogéneo, se bate con el martillo que lo refina; después se templa y se parte en pedazos, los cuales se reunen formando paquetes, y éstos se caldean para soldarlos y estirarlos de nuevo con el martillo.

En las provincias vascongadas se fabrica este acero caldeando dos ó tres veces en los hornos á la catalana las bolas ó zamarras, ó sea el producto de la reducción del mineral de hierro y sometiéndolo después á la acción del martinete.

Por el procedimiento Chenot se transforma el mineral en una masa esponjosa de hierro, después en carburo, dejándole en reposo en un baño de grasa y el exceso de carbón se separa calentando la masa en retortas de hierro. Se reduce luego á polvo esta masa y se comprime en moldes cilíndricos para fundir esta pasta en los crisoles.

Con minerales de hierro espático se obtienen aceros de excelente calidad para aplicaciones magnéticas, estando su poder magnético en proporción del carbono que contienen, aunque no se debe pasar de cierto límite.

Para obtener el acero de la fundición descarburándola, se expone ésta al calor de la llama en el laboratorio de un horno de reverbero durante nueve ó diez horas, donde se agita la masa que se forma para que la llama la oxide y se queme poco á poco el carbono sobrante. Se somete después á la acción del martinete para dar compacidad á la masa, consiguiéndose de este modo un producto en forma de barras llamado acero *de forja* ó *pudelado* que no es del todo homogéneo y contiene frecuentemente algunas materias extrañas. Se le refunde para mejorarlo.

Existen, además, otros métodos como el de Uchatius, que descarbura parcialmente el hierro colado, fundiéndolo bajo la acción del óxido de hierro ó de cualquier sustancia que proporcione oxígeno; el de Perry, que hace la descarburación directa del hierro colado eliminando el fósforo, y otros varios procedimientos que constantemente se están ideando.

Según la teoría más reciente, el acero natural está formado de granulaciones de hierro dúctil, revestidas generalmente de una especie de barniz de carburo de hierro, cuyo espesor varía según la dureza del acero y las condiciones físicas en que se han verificado las agrupaciones moleculares.

303. El *acero de cementación* se obtiene disponiendo barras delgadas de hierro forjado en cajas de ladrillo refractario llenas de carbón vegetal pulverizado y exponiéndolas en un horno al calor, el cual penetra poco á poco en las cajas y no tarda en llegar al rojo cereza vivo, cuya temperatura se mantiene durante varios días. Se conoce si el acero está bien formado, cuando la rotura de una barra que se deja sobresalir de la caja y que se saca por aberturas hechas en el horno, presenta un grano fino y uniforme; entonces se deja enfriar el horno y las barras se parten en pedazos y se clasifican haciendo paquetes que se someten á un recalentado y luego al martinete ó al laminador para hacer el producto más homogéneo quitándole las ampollas y escorias.

Por este procedimiento se fabrica el acero damasquino llamado también *wooltz*, empleando como cemento madera de casia y hojas de asclepias gigantea, mezclándose el hierro con grafito, escorias y dolomia, que sirve de fundente.

Se puede cementar un hierro forjado sumergiéndolo en un baño de fundición durante cierto tiempo hasta que se le retira convertido en acero.

Un procedimiento más práctico consiste en ca-

lentar al rojo una barra de hierro forjado y meterla en polvo de carbón, templándola en seguida; el hierro así tratado, se vuelve acero por el exterior solamente, perdiendo esta cualidad al poco tiempo.

304. Se obtiene el *acero fundido* haciendo que el exceso de carbón que tiene el hierro colado se compense con la escasez del forjado. Se introducen estos dos productos en crisoles ó en hornos de reverbero, cubriéndolos con una capa de carbón y vidrio molidos y mediante una activa combustión de hulla, cok ó gas se produce la fusión; se menea bien y retirando la escoria que le cubre se cuela en lingoteras untadas de aceite y ennegrecidas con llama de alquitrán. Se mejora este acero añadiendo ciertas materias á la masa cuando está en fusión: el tungsteno, en la proporción de 2 á 3 por 100, da un acero muy fino, tenaz y elástico y de estructura homogénea, que se puede moldear y bruñir.

Esta clase de acero es la más apreciada por su homogeneidad y dureza. Para ser forjado debe ser calentado al rojo cereza y batido á pequeños golpes.

305. DE OTRAS CLASES DE ACEROS.— El *acero fundido,* denominado *Bessemer* porque éste ideó el procedimiento de prepararlo, se obtiene haciendo pasar una fuerte corriente de aire á través de la fundición líquida, elevando así su temperatura desde 1.000° que tiene al salir del horno alto hasta 2.000° para quemar el exceso de carbono y el silicio que contiene la fundición. Se verifica esto en un tiempo muy breve (15 á 20 minutos), en unas grandes vasijas de hierro fundido revestidas interiormente con sustancias refractarias, cuyas vasijas, llamadas *convertidores*, pueden contener de 3.000 á 10.000 kilogramos de metal y giran sobre un eje en la marcha de la operación. La fundición puede provenir directamente de un alto horno, de uno de reverbero ó de un crisol de cubilote, y la combustión se verifica sin más que con una pequeña parte de hierro dulce, con el silicio y con el carbono de la fundición, es decir, con las mismas sustancias que se trata de separar de la fundición para convertirla en acero.

El producto obtenido por este procedimiento no puede templarse y es por lo tanto impropio el nombre de acero que se le da.

La fundición ha de proceder de minerales ricos y puros, sin cobre, azufre ni fósforo y que contengan manganeso. En Francia se añade á la fundición de 5 á 8 por 100 de hierro colado que tenga 3 á 4 por 100 de carbono y de 8 á 20 de manganeso. No se pueden utilizar los hierros y aceros desechados por el uso; exige además costosas instalaciones y una exactitud matemática en la marcha de la operación, pues se aprecia el tiempo por segundos.

306. Estas desventajas desaparecen con la fabricación de aceros en hornos de reverbero en los que se consigue liquidar el metal con el regenerador ideado por Siemens y aplicado á la obtención del acero por Martín. El primero tuvo la idea de transformar el combustible en gas óxido de carbono, calentar fuertemente este gas y retener ó almacenar este calor en los regeneradores, ó sea entre ladrillos refractarios, y operar entonces la combustión, de tal manera que su temperatura excede á la de los mejores hogares. El segundo calienta de este modo el horno á la temperatura de 1.800°, lo carga con la fundición caldeada al blanco, la cual se funde inmediatamente, y le agrega en varias veces una quinta parte de hierro forjado calentado también al blanco. La operación dura 10 ó 12 horas y da tiempo para reconocer si está el metal en estado de colarse en las lingoteras ó deben añadirse nuevos elementos.

Este producto, llamado *acero Martin-Siemens,* se lamina y sustituye al hierro.

307. Pousard transforma el hierro colado fosforoso quitándole esta sustancia por medio de un horno que apellida *convertidor,* el cual tiene la plaza inclinada, circular y movible con varias toberas en un lado por donde se insufla el aire, haciendo la descarburación como en el procedimiento Bessemer. Se consigue la desfosforación, produciendo escorias muy básicas que pueden correr á la parte baja del horno.

Se da el nombre de *metal homogéneo* y de *acero extradulce,* al que se produce por el afinado de la fundición y de desperdicios en un horno Martin-Siemens, cuyo metal posee á la vez las cualidades del hierro y la resistencia del acero. Su grano es fino como el del acero y se suelda consigo mismo aunque para ello es necesario un gran cuidado.

Otros aceros se producen estudiando la influencia que ejerce la presencia de ciertas sustancias extrañas, llegándose á obtener aceros de cualidades muy diversas; basta para ello verter sobre la masa fundida en la plaza de un horno Martin-Siemens la mezcla artificial de los elementos elegidos; el hierro manganeso que tiene de 4 á 5 por 100 de carbono y más de 25 de manganeso, produce aceros dulces flexibles y muy tenaces; el hierro silicio que tiene

8 por 100 de sílice, 14,5 de manganeso y 1,5 de carbono da aceros susceptibles de templarse, es maleable y su resistencia al choque y á la tracción es como la de los aceros batidos y laminados.

308. TEMPLE Y RECOCIDO DEL ACERO.— Los aceros natural, de cementación y fundido, pero no los que se derivan del Bessemer, adquieren el punto de dureza y elasticidad que requieren determinados destinos, sumergiéndolos en agua ú otras sustancias para que se enfríen rápidamente cuando están caldeados, cuya operación les hace perder parte de su maleabilidad y ductilidad y los vuelve duros y quebradizos: se sumergen en aceite cuando se desea obtener sólo una resistencia algo superior á la que poseen los metales no templados; se emplea en el mayor número de casos el agua y se acude al mercurio para alcanzar durezas excepcionales. Se lleva el objeto templado á una dureza menor, poniéndolo en contacto con un hierro rojo. Los ácidos templan más duro que el agua; se templa también en los metales. Otro método consiste en poner el hierro en un baño compuesto de bismuto, plomo y estaño, cuya proporción permite conocer el grado de fusión; se le retira cuando la aleación funde y se le sumerge en el agua. Se templa también en el aceite, en la tierra, en las cenizas y al aire. El carbón vegetal es el mejor combustible para templarlo.

309. Una vez templado el acero, se le somete á la operación denominada *recocido*, para evitar que se separen algunos de sus fragmentos ó se hagan sus láminas demasiado quebradizas. Esta operación consiste en calentarlo ó enfriarlo lentamente lo cual comunica al acero diferentes grados de dureza. El acero calentado pasa sucesivamente por los siguientes colores: amarillo paja, amarillo dorado, púrpura, violeta, azul claro, azul subido y azul negruzco. Esta segunda cochura se verifica en baños metálicos sirviéndose para ello de diferentes ligas de estaño y de plomo que se calientan hasta su punto de fusión. El acero se mantiene sumergido en el metal fundido hasta que haya adquirido la temperatura del baño metálico y se extrae cuando toma la coloración conveniente. Así, por ejemplo, para cinceles y herramientas de trabajar, el hierro ha de tomar el color anaranjado oscuro ó castaño, que se consigue exponiéndolo á 254° de calor; para cepillos y hachas el mismo color con algo de púrpura, que se obtiene á los 265°; para sierras ordinarias el azul, que dan los 293°, y para sierras grandes el azul muy obscuro, que proporciona el calor de 317°. Si se sigue calentando el acero, desaparece el color y enfriándolo con lentitud se hace muy dulce y se trabaja perfectamente.

310. CARACTERES Y PROPIEDADES DE LOS ACEROS.—El peso específico de los aceros varía entre 7,62 y 7,92, pero pierde algo con el temple y se funde á 1.300°, temperatura media entre la que necesitan para lo mismo el hierro forjado y el fundido. El batido, el temple y el recocido hacen variar sus cualidades; y todos, excepto los de Bessemer, Martin-Siemens y análogos, se parecen en sus propiedades al hierro dúctil, siendo tanto más duros y difíciles de soldar cuanto más carbono contienen. Se oxidan fácilmente, como los hierros soldados, á la acción del aire húmedo.

El acero natural es de un color gris ceniciento, no tiene gran brillantez, su textura es granular, fina, sin ser fibrosa ni laminar, siendo tanto mejor cuanto más apretado es su grano. Es sonoro y elástico y presenta ordinariamente más ductilidad, dureza y elasticidad que el hierro dúctil. Es tan fusible como el hierro colado y á la temperatura del rojo se suelda consigo mismo y con el hierro forjado, pudiendo caldearse repetidas veces sin descarburarse. El acero templado se estira poco: su límite de elasticidad está muy próximo á la rotura.

El acero pudelado es un metal de mejores condiciones que el hierro forjado y cuando ha sido refundido puede dar un acero de utilidad para útiles ó herramientas.

El acero de cementación es de un color gris azulado, de grano fino y muy igual y de fractura laminosa. No es tan tenaz y elástico como el de forja pero es más duro y se quiebra con mucha facilidad.

El acero fundido tiene un color gris blanquecino y un grano muy fino, teniendo su fractura compacta, fina y homogénea. Es extremadamente duro y costoso de trabajar, se suelda muy difícilmente y solo después de haber sido forjado; pero puede adquirir un hermoso bruñido y presenta con frecuencia la notable propiedad de templarse por la sola acción del aire.

El acero Bessemer, aunque no reune todas las propiedades del buen acero fundido, es mejor que el hierro y le sustituye en los carriles ó rieles.

A lo dicho al tratar de la constitución de los aceros (301) debemos agregar aquí que el manganeso los hace maleables y fáciles de soldar, al contrario del fósforo, que dificulta las soldaduras. Los aceros

cromados han sido ya empleados en la construcción de puentes y de cables.

311. Para distinguir el hierro del acero, se echa sobre el metal que se desea conocer, una gota de ácido nítrico ó sulfúrico debilitado en agua, la cual deja una mancha negra en el acero y más ó menos verdosa ó blanca en el hierro; y por último, si se introduce en ácido nítrico humeante caliente una barra de acero y otra de hierro, aquélla es atacada mientras hay ácido libre, al paso que la segunda pasa inmediatamente al estado pasivo y permanece en el ácido sin experimentar alteración. El acero forjado se distingue también del hierro por su sonoridad y su grano.

El ácido sulfúrico diluido sirve también para reconocer la homogeneidad de los aceros, pues cuando ésta es perfecta, la mancha negruzca formada por el ácido tiene la misma intensidad de color en toda su extensión.

Las diferentes tintas ó matices que algunas veces aparecen en el acero provienen de un principio de oxidación que produce el contacto del aire.

312. APLICACIONES DEL ACERO.—Entre otros usos se aplica el acero en todas aquellas piezas que requieren una resistencia mayor que la que ofrece el hierro forjado. Las herramientas se hacen generalmente de este último material y se aceran sus extremos ó puntas. Para ello se sueldan los dos metales, dando á la herramienta la forma y pulimento adecuados y después se templa.

Se aceran también las herramientas como ya se ha dicho (303), introduciéndolas en polvo de carbón, á cuya operación se da el nombre de *temple de caja*, pero como tiene este acerado poca duración, se prefiere el procedimiento anterior.

La fabricación del acero ha tenido hasta hace poco por objeto la formación de útiles y herramientas destinadas á trabajar la madera y los metales ó á acerar las puntas de las empleadas en excavar terrenos y en partir piedras. Pero hoy que se conoce la resistencia dupla que tiene sobre el hierro forjado y que los perfeccionamientos que diariamente se realizan en su fabricación permiten darlo más barato y lo hacen susceptible de ser aplicado en grande á las construcciones, se puede asegurar que pronto reemplazará al hierro en el inmenso uso que todavía tiene éste.

El acero, que conserva todavía un precio mayor que el hierro forjado, exige menor material por su mayor resistencia ahorrándose en gastos de transporte por su menor peso y volumen. Hay que tener presente, sin embargo, que cuando es poca la resistencia que tiene que oponer puede ser más conveniente el empleo del hierro forjado que el del acero con el objeto de obtener mayor grueso y de que pueda resistir mejor á la compresión, pues las pequeñas dimensiones que se dieran al acero serían en este caso una desventaja.

La aplicación del acero que principió en los puentes y siguió en las vías férreas, se ha extendido ya á la fabricación de casas empleando planchas galvanizadas para resistir á las influencias perniciosas de la humedad y estriadas ú onduladas cuya circunstancia les da una gran resistencia y sirve para decorar las fachadas cuando se combinan con gusto.

La viguería de hierro para formar pisos se usa ya de acero y en el cierre de las entradas de los establecimientos comerciales se emplean hace tiempo las planchas de acero ondulado.

ARTÍCULO VI

De los productos de hierro forjado ó laminado.

313. DENOMINACIÓN DE LOS HIERROS POR SU SECCIÓN TRANSVERSAL.—Los hierros forjados que proporciona el laminador se presentan en barras ó láminas variando la denominación de los primeros según es la figura de su sección transversal y dimensiones y la de las segundas según es su grueso. Estos diferentes hierros se agrupan en las cuatro clases siguientes:

1.ª Hierros forjados *corrientes* que comprende los de sección redonda, cuadrada ó rectangular hasta $0^{m}165$ de anchura.

2.ª Hierros forjados *anchos planos* que tienen sección rectangular y cuya anchura varía desde $0^{m}170$ hasta $0^{m}600$.

3.ª Hierros laminados *de pisos* que tienen por sección la figura de una I (doble T).

4.ª Hierros laminados *especiales* en cuya denominación se comprenden los de sección angular, los que forman canal [, los de figura de U ó V, los de T (simple T), los de vidrieras, los de pasamanos, etc.

5.ª *Palastros* que comprenden las planchas lisas, las estriadas y las onduladas.

314. HIERROS CORRIENTES.—Entre los

hierros *redondos* ó que tienen sección circular maciza se denominan barrones ó *cabillas* los más gruesos, *varillas* los que tienen de 20 á 8 $^{m}/_{m}$ de grueso y *alambres* los que no llegan á este diámetro. Hay también *medios redondos* cuyo nombre indica su sección. Tanto unos como otros se fijan por su diámetro expresado en milímetros y crecen por milímetro desde 6 á 28 de grueso y de 2 en 2 $^{m}/_{m}$ desde 28 á 130 de diámetro.

En las barras de sección cuadrada se llaman *cuadradillos* los que tienen de 17 á 25 $^{m}/_{m}$ de lado y *cuadrados* cuando están entre 25 y 120 $^{m}/_{m}$. Su fabricación en laminadores está indicada en la *figura 58*. Generalmente se designan por la medida en milímetros de su sección transversal, la cual aumenta por milímetros desde 6 á 86.

En los hierros tableados ó de sección rectangular hay tal variedad de nomenclaturas que resulta confusa su explicación y creemos lo más acertado fijar sus dimensiones transversales en milímetros, ya sea en forma de producto ó de quebrado cuyo uso es ya muy general en construcción. Se denominan, sin embargo, *pletinas* los hierros que no pasan de 20 $^{m}/_{m}$ de anchura por menos de 5 de grueso.

315. HIERROS ANCHOS PLANOS. — Son de una anchura extraordinaria y se designan como los anteriores por las dimensiones en milímetros de su sección transversal.

316. HIERROS DE PISOS.—En los hierros de sección I *(fig. 59)*, que el uso ha extendido con el nombre de *viguetas*, se llama *alma* ó *nervio* la parte vertical *aa* y *cabezas* las horizontales *b b*, denominándose *tablas* las caras superior é inferior de éstas. Estas cabezas se hacen hoy de igual anchura generalmente. Las viguetas se denominan *de alas anchas* y *de alas estrechas* ú *ordinarias* según la mayor ó menor salida de sus brazos ó alas *ab*. Las de alas ordinarias tienen generalmente sus cabezas *bb* entre $^{3}/_{10}$ y $^{4}/_{10}$ de su altura *aa* y las de alas anchas entre $^{4}/_{10}$ y $^{5}/_{10}$. Para su fabricación se separan más ó menos los cilindros que sirven para laminarlos resultando más ó menos grueso el nervio y en la misma cantidad más ó menos salientes las alas.

Las viguetas se fabrican de 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 26 y 30 centímetros de altura, con un largo de 8 metros las de 8 á 10 centímetros de altura, de 9^{m}50 las de 12 á 16 y de 10 metros las de 18 á 26 y todas ellas tienen una ligera curvatura ($^{1}/_{200}$ de su longitud).

Se denominan por su altura expresada en centímetros, distinguiendo si son de alas anchas a. a. ó de alas ordinarias a. o. y fijando muchas veces las dimensiones de su sección transversal en milímetros y el peso del metro lineal en kilogramos. Así una vigueta de 16 centímetros de altura, de alas ordinarias a. o. ó sea de una cabeza *bb* igual á 49 $^{m}/_{m}$ con 7 y 10 $^{m}/_{m}$ de grueso en su nervio *aa* y en sus alas *ab* respectivamente, y un peso de 16 kilogramos por metro lineal, se denomina de las siguientes maneras: vigueta I de 16 $^{c}/_{m}$ a.o. de 16 kilogramos; y también vigueta I de $\frac{160 \times 49}{7 \times 10}$ de 16 kilogramos.

317. HIERROS ESPECIALES.—Afectan en su sección transversal diferentes figuras, siendo las más usadas las siguientes:

Hierros de T *sencilla*, de los cuales unos tienen sus brazos ó cabeza *bb (fig. 60)* de menor dimensión que el alma *aa*, otros las tienen menores y otros mayores. Del mismo modo que en los hierros I se aumenta ó disminuye el grueso del alma y la salida de las alas, separando ó acercando los cilindros laminadores, y se designan por las dimensiones de su sección transversal en milímetros y por su peso en kilogramos por metro lineal. Así el hierro de la figura se denomina hierro T de $\frac{50 \times 46}{7}$ y peso de 5 kilogramos.

Los hierros de vidrieras, llamados también *bastidores*, tienen la sección de T con su cabeza más ó menos moldurada, habiéndolos *simples (fig. 61)* y *dobles (fig. 62)*. Sirven como su nombre lo indica para sujetar los cristales.

Los hierros *angulares (fig. 63)* pueden tener sus brazos iguales ó no, denominándose *abiertos* cuando éstos forman un ángulo obtuso *A* (generalmente 110, 120, 130°), *angulares* simplemente ó *cantoneras* si el ángulo es recto *B* y *cerrados* cuando lo tienen agudo *C*. Varían los gruesos de estos hierros según se separan ó acercan los cilindros laminadores aunque conservando los brazos la misma longitud, y se designan también como los anteriores por las dimensiones de su sección transversal en milímetros y su peso en kilogramos por metro lineal. El caso de la figura es un hierro de $\frac{50 \times 50}{6}$ de 4,56 kilogramos. Los hierros angulares se facilitan en barras como los otros, con una longitud de 8 á 10 metros, y además en trozos de 16 á 18 $^{c}/_{m}$, los cua-

les se llaman *escuadras* y tienen agujeros practicados en sus brazos para facilitar los trabajos de enlace ó ensambladura de unos hierros con otros.

Los hierros de ⊏, cuya sección está indicada en la *fig. 64*, comprenden una parte vertical ó alma y dos horizontales ó alas. El grueso del alma, así como la longitud ó salida de las alas, varía separando ó acercando los cilindros en que se laminan y se designan por las dimensiones en milímetros de su sección transversal y por el peso en kilogramos del metro lineal, de modo que el hierro de la figura se denomina de $\frac{100 \times 50}{6}$ y peso de 10,5 kilogramos.

Los *pasamanos* son *lisos (fig. 65)* ó con *filetes (fig. 66)*, presentando siempre una forma redondeada que sea cómoda para servir de apoyo á la mano en las barandillas de escalera ó de balcón, cuyo remate superior es su objeto.

Los hierros *Zorés* tienen las secciones indicadas en la *fig. 67* y han sido empleados en pisos, reduciéndose hoy su uso á casos especiales.

Hay también gran variedad de hierros *cruciformes* ó de sección de cruz más ó menos complicada, cuyo empleo es reducido y sólo se fabrica en casos especiales.

318. DEFECTOS DEL HIERRO.—Entre los varios defectos que el hierro puede tener, la *flojedad* ó *dobladura*, que es la falta de trabazón entre las fibras ó los huecos en su soldadura, dependientes de la mala elaboración, hace que se doble con facilidad por su poca resistencia. Las *cenizas*, ó sean materias extrañas, si no son en abundancia (en cuyo caso lo vuelven agrio) no dañan mucho su solidez, pero le imposibilitan el pulimento. Las *grietas* ó hendiduras transversales proceden del martinete y perjudican si penetran. Las *pajas*, que son dobleces ó laminillas unidas á la masa en su superficie, indican una mala forja, así como la falta de homogeneidad en las fibras. Las *escamas* son pajas muy grandes.

Finalmente, el peor defecto es las *rebolladuras*, que son hendiduras ó grietas longitudinales llenas de una materia negra que tizna los dedos indicando falta de continuidad en las fibras.

319. CONDICIONES QUE DEBE REUNIR EL HIERRO DÚCTIL.— En general, el hierro fibroso, cuya fractura presenta fibras largas de color plomizo que parecen haber estado entrelazadas, es demasiado blando, y si las fibras son cortas y blanquizcas, el hierro está mal refinado; el cristalino, cuyo grano es muy fino é igual, es un hierro muy duro y difícil de trabajar con la lima y el que tiene el grano grueso y brillante, presentando algunas manchas amarillentas ó pardas, denota un hierro quebradizo; de modo que es un buen hierro para la construcción el que sea terso y sin hojas, con sus fibras unidas, sin huecos ni materias extrañas y cuya fractura presente un grano de tamaño uniforme mezclado con algunas fibras algo ganchudas.

320. PRUEBAS DE LOS HIERROS FORJADOS.— Tratándose de obras de importancia, los hierros se sujetan antes de emplearse á ciertas pruebas, escogiendo al azar uno ó dos de cada ciento para verificarlas con ellos. Estas pruebas se hacen en frío y en caliente.

En las pruebas en frío, la buena calidad del hierro forjado se aprecia muchas veces por la percusión. Cuando las barras son delgadas se las arroja con fuerza sobre un yunque de bigornia estrecha, doblándolas así y desdoblándolas más ó menos veces, según se desee asegurar de su tenacidad. Si las barras son gruesas, esta operación se verifica colocándolas sobre dos apoyos y golpeándolas en medio con un grueso martillo: han de resistir sin romperse para ser buenas. Se cortan también en una parte de su grueso, se apoyan sobre el cuadrado del yunque y se dan golpes en el extremo y en el mismo sentido hasta romper el hierro; si éste es bueno, la fractura presentará un aspecto fibroso, una multitud de filamentos cuyas extremidades se verán, lo que probará que el hierro es tenaz, y si es malo, la fractura será cristalina y ofrecerá facetas.

Se hace una prueba en frío y otra en caliente, doblando el hierro cuatro veces ó cinco á un lado y otro, de modo que forme siempre un ángulo de 30° con la línea de la barra; el hierro será bueno si resiste sin agrietarse y vuelve á su primitiva forma, aunque haya sufrido un ligero prolongamiento en la operación.

Las pruebas en caliente se reducen por lo común á tres operaciones: forjar el hierro de modo que presente una punta aguda; reducirle á martillazos á una plancha de 6 milímetros de grueso, y en fin, atravesarla cerca del borde sin que se desgarre

En ciertas obras se acostumbra someter los hierros á las operaciones siguientes: 1.ª La extremidad de la muestra se forja al calor blanco en unos 20 centímetros de longitud doblándola en ángulo recto,

enderezándola y doblándola en sentido contrario, pero siempre de modo que el ángulo sea de arista viva. Esta operación se repetirá hasta que el extremo doblado se caiga roto, siendo aceptable el hierro que resista cuatro operaciones, y ocho si ha de ser de calidad superior. 2.ª Los hierros planos serán perforados una vez calentados al blanco con un punzón, haciendo dos agujeros separados un centímetro y cuyo diámetro sea los $^{3}/_{4}$ de la anchura de la barra, tratándose de hierros de superior calidad y de $^{1}/_{2}$ si son ordinarios: los hierros redondos se aplanarán previamente á un grueso igual al tercio del diámetro primitivo de la barra; y en ambas clases esta prueba no ha de producir ni hendiduras ni grietas, aunque el segundo agujero se termine al rojo sombra. 3.ª Los hierros cuadrados ó planos, caldeados al blanco, serán hendidos y cortados en una longitud de 10 centímetros y las dos mitades se doblarán en seguida con el martillo, de manera que formen una T, plegándose completamente hasta que los bordes exteriores se junten, cuando se trata de hierros de calidad superior. En ambos casos, el corte no ha de prolongarse durante la operación.

321. Para los hierros angulares ó cantoneras, las pruebas son: 1.ª Obligar á un trozo á que forme un manguito cilíndrico con uno de sus brazos, quedando el otro perpendicular al eje del cilindro, siendo el diámetro interior de éste de dos á cinco veces la longitud de los brazos. 2.ª En otro trozo, abrir uno de sus brazos, de manera que forme un ángulo de 135°, y si ha de tener calidad superior, hasta que formen un solo plano los dos brazos. 3.ª Otro trozo se cerrará hasta formar un ángulo de 45°, y si lo exige la superior calidad del hierro, hasta que se junten los dos brazos. En ninguna de estas pruebas debe el hierro presentar desgarraduras, grietas ni hendiduras longitudinales, que indicarían un batido imperfecto.

322. Los hierros de T se prueban: 1.º Obligando al extremo de uno de ellos á que forme un cuarto de círculo de un radio igual á cinco veces la anchura del alma, quedando ésta en su plano: en los hierros superiores el radio debe ser menor, tres veces la anchura. 2.º Cortando en frío otra extremidad de manera que divida longitudinalmente el alma en dos partes iguales en una longitud de tres veces la altura del hierro, haciendo en su final un agujero para impedir que se abra más, y despues, en caliente, se separará el extremo de una de las mitades hasta una distancia igual á la altura del hierro, y si éste ha de ser de calidad superior hasta separarse vez y media dicha altura.

323. DE LOS PALASTROS.—Obtenida esta clase de hierro por los medios ya explicados (292), se cortan con cizallas ó cortafríos y también con la guillotina, presentándose los que son planos en hojas de $1^{m}50$ á $2^{m}50$ de longitud por $0^{m}50$ de anchura y con espesores varios, desde $^{1}/_{4}$ de milímetro hasta 20 creciendo de $^{1}/_{2}$ en $^{1}/_{2}$ milímetro hasta 5 de espesor y de milímetro en milímetro de 5 á 15.

Atendiendo á su espesor ó grueso, el palastro se denomina *fuerte* ó *hierro negro*, cuando tiene más de 4 $^{m}/_{m}$ de grueso; *medio* ú *ordinario*, el que es de 4 á 2 $^{m}/_{m}$; *delgado*, el que no llega á 2 $^{m}/_{m}$, y plancha ó chapa, el que tiene menos de un milímetro de espesor.

Los palastros son *lisos*, *estriados* y *ondulados*. Los primeros se fabrican desde $0^{m}65$ de anchura por $1^{m}65$ de longitud hasta $1^{m}40$ de anchura y 6 de longitud con los gruesos variables. Los estriados tienen generalmente de 7 á 12 $^{m}/_{m}$ de espesor con estrías de 2 de profundidad, variando su longitud entre 4 metros y $2^{m}50$, y su anchura entre $0^{m}70$ y $1^{m}10$, de la que no se pasa. Los palastros ondulados presentan sus canales ú ondas, según los dos perfiles representados en las *figs. 68* y *69*, siendo sus anchos máximos de $0^{m}880$ y $0^{m}854$ respectivamente.

De las hojas más delgadas de palastro se hace la hoja de lata, de que se hablará más adelante.

324. CONDICIONES DEL PALASTRO.—Por consecuencia de la acción repetida del fuego á que se somete el palastro resulta fácilmente oxidable en contacto con el aire, cuyo defecto, si es reciente y no ha penetrado al interior de las hojas, se puede corregir calentándolas de nuevo y golpeándolas ligeramente con un mazo de madera.

El palastro de buena calidad ha de ser unido y brillante, con un espesor y una superficie perfectamente lisa. Á los golpes de martillo debe dar un sonido claro que demuestre no tener defectos ni roturas.

325. Para averiguar su bondad se somete á la prueba de que se puedan formar con él cilindros de cierto diámetro, que varía entre quince y veinticinco veces su grueso. Se le dobla también y se desdobla varias veces en todos sentidos antes de romperse. El peso igual en todas las planchas ó en algunas de ellas y las medidas tomadas con el com-

pás de gruesos, indicarán si tienen un grueso uniforme, y la resistencia que presenten las planchas peores dará seguridad acerca de las demás.

326. ALAMBRE.—El hierro destinado á este objeto debe ser muy dulce en caliente para prestarse á un adelgazamiento por la acción de los laminadores, muy dúctil y resistente en frío para poder estirarse en hilos y más bien duro que blando á causa de la textura nerviosa que adquiere por el trabajo. Se emplean para ello los hierros de hebra ó larga fibra plomiza obtenidos y afinados con carbón vegetal.

Se forma el alambre haciendo pasar las varillas de hierro por los laminadores, que reducen su grueso de 8 milímetros hasta 3 ó 4, y si hay que hacerlos más delgados, se les hace pasar por la *hilera,* que es una placa de acero con agujeros cónicos de distintos diámetros, donde entra el hilo por la parte ancha del agujero mayor y después por los inmediatamente menores hasta conseguir el grueso conveniente. Esta operación se hace en frío, agarrando los hilos con unas tenazas y arrollándolos en fuertes tambores metálicos. Si el hilo ha de pasar muchas veces por la hilera se recuece en hornos de reverbero ó en montones de carbón ó vasijas cerradas con objeto de darle flexibilidad y ductilidad, de modo que pueda doblarse y retorcerse mucho sin romperse.

El estirado del hierro en frío á través de la hilera, produce una extensión que pasa del límite de elasticidad y una compresión enérgica en el sentido transversal que casi triplica la resistencia del metal.

Algunos alambres hay que quemarlos antes de usarlos para que puedan trabajarse más fácilmente sin riesgo de que se rompan. Se reduce la operación á meterlos en un hornillo hasta ponerlos al rojo oscuro y dejarlos enfriar lentamente. Esta preparación, sin embargo, les quita gran fuerza y no debe hacerse sino en casos en que el esfuerzo á que hayan de estar sometidos sea de poca importancia.

ARTÍCULO V

Del plomo, cinc, estaño y cobre.

327. BENEFICIO DE LAS MENAS DE PLOMO.—Según que sean galenas ó minerales terrosos varía el modo de beneficiarlas. De las galenas se obtiene el metal *por reacción ó por afinidad.*

Por el primer método ó de *doble descomposición* adoptado para las galenas ricas, se someten éstas á una detenida preparación mecánica para concentrarlas y que tengan una riqueza de 70 á 75 por 100. Se calcinan después y se funden solas en hornos de reverbero llamados *boliches,* en los que la acción del aire determina la oxidación de parte del mineral, y la reacción de la parte oxidada sobre la que no ha sufrido alteración produce plomo metálico y éste corre en abundancia arrastrando algunos trozos de mineral á la parte baja donde quedan nadando. Cuando toda la carga ha descendido, se arroja al crisol cal apagada con lo cual las materias que sobrenadan se espesan y se separan del metal, se abre entonces la piquera para que el metal corra al reposador y se quitan de él las crasas que se han formado en la superficie del plomo cubriéndola con carbonilla, la cual se separa luego al moldear el plomo en las lingoteras.

328. Por el método *de afinidad ó de reducción* se calcina ó no primeramente la mena y se funde en hornos de cuba en contacto con hierro ó con sustancias ferruginosas que combinándose, con el azufre, dejan libre al plomo. La carga se hace por capas alternantes de mineral y combustible, añadiendo como fundentes escorias silíceas, crasas, materias plomizas procedentes de distintas operaciones, caliza, etc. Por arriba escapan los productos gaseosos y por la parte inferior se corre el plomo al fondo, sobre él la mata plomiza que es un sulfuro de plomo semejante á la galena y encima de todo las escorias. La mata se calcina después en montones y se funde en hornos bajos con adición de hierro y escorias.

329. El beneficio de las *menas terrosas* se hace en hornos generalmente cubiertos de una bóveda llamada *capilla* con la que los gases salen á galerías, cámaras de condensación ó chimeneas. Las menas gruesas se cargan en su estado natural y las menudas en forma de adobes hechos con cal. El plomo fundido que sale al reposador se limpia de las escorias que le recubren y se toma en cazos para moldearle en las lingoteras.

330. A excepción del metal que se obtiene en hornos de reverbero ó boliches procedente de galenas muy puras, los demás necesitan sufrir un afino llamado *dulcificación,* haciéndolo así menos agrio. Cuando el plomo es bueno, basta agitarlo con una

rama de leña verde en el reposador, á cuya operación se llama *berlingado* con lo que suben á la superficie las impurezas y pueden espumarse. Cuando las impurezas son muchas, hay que someter el metal á una fusión oxidante en un horno de reverbero, durante la cual se convierten en óxidos los metales extraños y parte del plomo, quedando el resto del metal en buenas condiciones de pureza.

331. CARACTERES Y PROPIEDADES DEL PLOMO.—Es un metal muy maleable, poco dúctil y poco tenaz, con un peso específico de 11,352. Tiene casi siempre una pequeña cantidad de cobre y algunas veces arsénico, cinc, antimonio, azufre, etc.

Es de un color gris azulado que deja una traza negruzca cuando se frota en un papel. Expuesto el plomo al contacto del aire húmedo, se cubre de una capa negra de subóxido que le preserva para lo sucesivo y no pasa de su superficie, lo cual se observa al rayarle pues se vé aparecer su color característico. Es atacable por gran número de ácidos y por el agua misma en estado de pureza, pero el hidrato plúmbico formado en este caso es insoluble en el agua que contenga materias salinas principalmente si entre éstas hay sulfato de cal (yeso), lo que hace no sea peligroso su empleo en cañerías de conducción de agua y que se conserve bien en agua de mar; se altera en contacto con la cal y el aire, el cual proporciona el oxígeno. El laminado aumenta su maleabilidad; pero los hilos y planchas son de poca resistencia. Se corta fácilmente con tijeras ó cuchillo y se deja rayar por la uña, cuya propiedad es bastante para distinguirlo.

El plomo se dilata $0^m000028$ por metro de longitud y por cada grado centesimal que sube su temperatura, cuya cualidad debe tenerse muy presente al emplearlo. Funde á la temperatura de 330° á 340°, y se suelda consigo mismo.

332. PRODUCTOS Y USOS DEL PLOMO.—Para su aplicación en las obras, el plomo se presenta en láminas ó colado en galápagos.

Para fabricar las planchas se funden los galápagos de plomo y se vierten sobre mesas de mármol limitadas por ligeros resaltos en su perímetro, con lo que se obtienen hojas que después de frías se pasan por un laminador cuyo cilindro inferior se hace girar por un medio cualquiera y el superior carga sobre el plomo para darle compacidad y el grueso que haya de tener; el laminador tiene á uno y otro lado de los cilindros unos rails ó rieles de hierro sobre los que descansan las hojas laminadas, sustituyéndose en algunas ocasiones por pequeños cilindros deslizadores que hacen la salida de la lámina mucho más fácil: las hojas se cortan luego al tamaño que se desea.

Las planchas se venden en piezas de 8 á 10 metros de longitud por 1^m70, 2^m8 y 3^m88 de anchura y de 1 milímetro, $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$, 3, 4, 5 y 7 milímetros de grueso, siendo de 3 á 4 $^m/_m$ las que se emplean en cubiertas.

333. La galena, llamada también *alcohol*, se emplea por los alfareros para barnizar ó vidriar; y el plomo combinado con el ácido acético da la sal de Saturno, que es un secante, y con el ácido crómico, los amarillos de cromo. El carbonato de plomo es muy empleado en pintura con los nombres de blanco de plata, albayalde, blanco de plomo y blanco de cerusa. El litargirio ó sea protóxido de plomo se emplea como secante. El minio, que es un óxido, el rojo de Andrinópolis y el amarillo mineral salen también del plomo.

Se emplea el plomo fundido en galápagos ó barras para unir las grapas de hierro á los sillares, para fabricar tubos ú otros objetos y para hacer soldaduras: reducido á láminas tiene aplicación en cubiertas, canalones, canales, azoteas y forrado de depósitos de agua: en forma de tubos se aplica á las bajantes de agua de las cubiertas y á la conducción de aguas, gas y otros usos.

334. BENEFICIO DE LAS MENAS DE CINC Ó ZINC.—El beneficio de las menas de cinc, ya sean calaminas, ya sean blendas, exige la calcinación prévia para convertirlas en óxidos de cinc.

La calcinación de la calamina se verifica en hornos de cuba por lo común, en los que se carga por arriba el mineral que después de calcinado resbala por la plaza la cual está inclinada hacia la abertura de salida. Enfrente de ésta se encuentra la de entrada del calor producido por el combustible y de los gases, que atravesando toda la carga se lanzan á la atmósfera por la parte superior.

Las blendas son más difíciles de calcinar y se emplean generalmente para ello hornos de reverbero con dos plazas sobrepuestas, estando la superior sobre la bóveda que cubre la inferior. Los productos de la combustión que recorren la cámara inferior pasan á la otra tomando dirección contraria para salir por la chimenea. La blenda pulverizada

entra por arriba en la plaza superior y de allí pasa del mismo modo á la inferior. *(a)*

335. El producto de la calcinación de las calaminas y de las blendas es en su parte esencial el mismo y por consiguiente el método de beneficio es igual para ambas clases. Se mezclan las menas calcinadas con carbón, después de trituradas ambas sustancias al tamaño de arena gruesa, y se ponen en crisoles portátiles de una forma particular exponiéndolas al rojo blanco en hornos á propósito; en estas circunstancias, el óxido de cinc se descompone combinándose con el carbono y produciendo óxido de carbono que escapa por la chimenea; al paso que el cinc, encontrándose libre y á una temperatura que lo reduce al estado de gas si se recoge en recipientes fríos, se condensa y queda en estado metálico, en cuyo caso se llenan los moldes para formar los lingotes de 30 á 35 kilogramos.

Tres son los aparatos y métodos de beneficio que se usan: 1.°, el *belga* en el cual se usan vasijas cilíndricas, largas y estrechas apoyadas solo en sus dos extremidades y colocadas en posición casi horizontal sobre un hogar donde los productos de la combustión las rodean casi completamente; 2.°, el método *sileriano* en el cual las vasijas son semicilíndricas á modo de cofres, abiertas por un lado y cerradas por el otro, las cuales se apoyan por su parte plana sobre la plaza de un horno que tiene una rejilla central; y 3.°, el método *inglés* que emplea vasijas como los crisoles ordinarios, pero mucho mayores, con un agujero en el fondo por donde caen los vapores de cinc á recipientes colocados bajo la plaza del horno.

336. PROPIEDADES DEL CINC Ó ZINC. —Es de textura laminar muy brillante, muy semejante al plomo en su aspecto exterior, blanco azulado en fractura reciente y gris en otro caso. Su peso específico es de 6,861. Es bastante blando, aunque menos que el plomo, es más quebradizo que éste, embota la sierra, es difícilmente atacado por la lima y tiene muy poca sonoridad. Cuando se le da con un martillo á la temperatura ordinaria se hiende entre los 130° y 150°, adquiere cierta maleabilidad; y entonces se puede forjar, laminar y aun estirar en hilos: pero elevando más la temperatura se vuelve quebradizo, tanto que á más de 200° se le puede pulverizar: á los 412° se funde. Al contacto del aire húmedo se cubre de una costra blanca que empaña su superficie y le preserva al mismo tiempo de las variaciones atmosféricas para lo sucesivo. Es fácilmente atacado por los ácidos más débiles formando sales venenosas: en presencia de otros metales y en contacto con la humedad produce corrientes eléctricas que ocasionan rápidas corrosiones y su destrucción, circunstancia que debe tenerse muy presente en las obras: el roble y el mortero, cuando no ha fraguado, le perjudican, pero puede evitarse este daño interponiendo algunas hojas de papel embreado.

Se dilata $0^{m}000029$ á $0^{m}000031$ por metro de longitud y por cada grado centesimal que se eleva su temperatura.

337. PRODUCTOS Y USOS DEL CINC.— Las planchas se fabrican de un modo análogo al de las de plomo vertiendo el cinc fundido sobre lingoteras de la forma que ha de tener la plancha; para pasar las hojas por el laminador se eleva su temperatura hasta unos 100°. El laminado le da tenacidad y una gran tendencia á dilatarse en el sentido del estirado más que en otra dirección, de donde resultan las irregularidades de las planchas que no se corrigen ya con la contracción.

Las planchas empleadas en construcción tienen una longitud de 2 metros y anchos de 50, 65 y 80 centímetros con gruesos de 0,0001 á 0,0030, siendo las más usadas las de los números 14 al 20, cuyo espesor es de $0^{m}00085$ á $0^{m}00169$ que se destinan á cubiertas. Con las planchas se fabrican, además, tubos de que se hablará más adelante. El cinc se presenta también en alambres con diferentes gruesos y en *panes* de metal fundido para la fabricación de objetos especiales.

Su empleo es como el del plomo, reemplazándole algunas veces ventajosamente. En almacenes de pólvora tiene su aplicación en forma de clavos por la circunstancia de no despedir chispas. Se presenta en forma de planchas lisas ó acanaladas para su uso en cubiertas, azoteas, canales y molduras. Aunque las cubiertas de cinc son mejores que las de plomo, tienen el defecto de ser combustibles, circunstancia que hace arriesgado su empleo sobre madera. Las chapas de cubiertas deben tener un espesor uniforme en toda su extensión y ser perfectamente homogéneas, sin rajas, vetas ni otro defecto.

(a) Las calaminas que explota "La Providencia" (Santander) se calcinan al aire libre cuando están en trozos, y en hornos de reverbero de doble plaza las que resultan en tierras procedentes de los lavados.

El óxido de cinc ó blanco de cinc sustituye al blanco de cerusa (carbonato de plomo), con la ventaja de que es inofensivo para los que lo emplean.

338. BENEFICIO DE LAS MENAS DE ESTAÑO. — Expuesta la casiterita en hornos de cuba ó de reverbero á una temperatura elevada, el oxígeno que aquélla contiene se combina con el carbón y sale en forma de gases á la atmósfera quedando fundido el estaño, libre ya del oxígeno, en el fondo de aquéllos ó crisol, de donde se extrae por la piquera al reposador.

Cuando las menas contienen una gran cantidad de sustancias extrañas, hay que proceder á una preparación mecánica. Se trituran y someten á un lavado que arrastra principalmente las gangas térreas y lapídeas y después se calcinan en hornos de reverbero para descomponer una porción de combinaciones de azufre y metales distintos del estaño, que en su estado natural son casi tan pesadas como la casiterita ó bióxido y que después de la calcinación se hacen más ligeras y más quebradizas. Se lavan las menas segunda vez y se funden en hornos de cuba cargando el mineral en capas alternas con el carbón. Éste reduce el óxido de estaño, se desprende óxido de carbono y el estaño metálico así como las gangas fundidas, caen á una cavidad practicada delante del horno. Se quitan las gangas, que se solidifican pronto, y se saca el metal con cucharas para echarlo en las lingoteras.

En Inglaterra se benefician en hornos de cuba las menas que proceden de los aluviones, las cuales han sufrido con las influencias atmosféricas una calcinación y un lavado muy escrupuloso y tienen una grandísima pureza.

El metal obtenido en una fusión queda bastante impuro y se le afina sometiéndole á una especie de licuación sobre una plancha de hierro en unión de carbones encendidos ó en una caldera del mismo material con su hogar inferior.

Cuando la caldera de refinación está llena, se introduce una rama verde, es decir se *berlinga* (330) y se le deja reposar para moldearlo en lingotes ó se le deja caer de cierta altura con lo que se producen unas granallas parecidas á lágrimas, de un metal muy puro.

339. PROPIEDADES DEL ESTAÑO.—Este metal tiene un color blanco casi tan brillante como la plata y se parece mucho al plomo y al cinc aunque se distingue de ellos por el ruido que hace al doblarlo, llamado *ruido del estaño*, carácter que sirve para apreciar en parte su buena ó mala calidad. Su peso específico es de 7,3. Es algo dúctil y excesivamente maleable pudiéndose obtener hojas de una tenuidad extrema como son las conocidas con el nombre de papel de estaño. Es atacable por los ácidos nítrico, clorhídrico y sulfúrico y por el agua régia; tiene sabor y olor desagradables. Es casi inalterable al aire á la temperatura ordinaria. Se dilata $0^{m}000019$ por metro de longitud y por cada grado centesimal que se eleva su temperatura fundiéndose á 228° y soldándose consigo mismo.

340. PRODUCTOS Y USOS DEL ESTAÑO.—Se encuentra en masas llamadas galápagos, en barras, en grano y reducido á hojas como se ha dicho. Su peróxido es lo que se conoce con el nombre de esmeril y que como hemos visto (67) se emplea para pulimentar los mármoles. Amalgamado con el mercurio sirve para azogar los espejos.

Su aplicación más general es para recubrir ó *estañar* el cobre y otros metales librándolos así de la oxidación, es uno de los principales elementos para la fabricación de la hoja de lata y se emplea para soldar piezas de plomo, de cinc, de hoja de lata y de cobre.

341. BENEFICIO DE LOS MINERALES COBRIZOS.— El tratamiento de las menas de cobre, sean piritosas (sulfatadas) ó sean ocráceas (oxidadas), empieza siempre con una calcinación que oxida en parte el hierro y el azufre, arrojando éste á la atmósfera convertido en ácido sulfuroso. La calcinación se verifica mezclando el combustible de leña con el mineral en montones al aire libre llamados *teleras*, que es el sistema adoptado en Riotinto, ó en plazas muradas de poca altura (267), cerrados por tres de sus lados. En Inglaterra se hace la calcinación en hornos de reverbero, cuya bóveda *od (fig. 55)* está muy baja para que la llama ejerza toda su acción sobre las menas.

En la calcinación se volatiliza próximamente la mitad del azufre, y mucha pirita de hierro se convierte en óxido. Después se funden las menas en hornos de reverbero ó de cuba en unión de algunas escorias y de espato fluor ó de arena, como fundentes, repitiéndose la calcinación y la fusión hasta que el cobre queda con una corta cantidad de azufre y hierro. En este estado se rompe la piquera del horno y se recibe el cobre en moldes de arena, llamándose entonces *cobre negro*, el cual tiene una riqueza de 97 á 98 por 100 y el color es el caracte-

rístico del metal, pero presentando la estructura sumamente ampollosa.

El cobre negro se *afina* luego por medio de la fusión en hornos hasta que queda nuevamente el cobre al estado metálico, en cuyo caso se le han separado el azufre, el arsénico y casi todos los metales extraños. Se procede entonces al *refino*, para cuya operación se sacan las escorias que sobrenadan, se extienden en su lugar unas paladas de carbón vegetal ó de antracita muy pura y se *berlinga* con una rama verde (330). Cuando el cobre está en su punto, se renueva el carbón y se carga mucho el hogar para obtener en lo posible gases reductivos y sacar el metal con cazos para verterlo en los moldes ó lingoteras.

342. En Riotinto se concentran las menas por la vía húmeda después de calcinadas. Para ello se lleva el mineral escogido á unos pilones *disolvedores* ó estanques donde se cubre de agua varias veces, la cual disuelve las sales que se habrán formado en la calcinación. Las aguas pasan á otros pilones *reposadores* donde dejan las tierras que tienen en suspensión y de aquí van á los *cementadores*, que son otros pilones en cuyo centro hay lingotes de hierro colado, los cuales se cubren de una costra de cobre muy impuro llamado *cáscara*. Todavía pasan las aguas á otros estanques para dejar por sedimentación las sales que contienen y poderlas aprovechar en ulteriores operaciones. La cáscara se recoge y se deposita en los almacenes para que escurra bien el agua formando después unas bolas que, una vez secas, se calcinan en plazas muradas y se funden para obtener cobre negro (derretido) en unos aparatos llamados *copelas* semejantes á los hornos de afino.

343. Las menas ocráceas son menos abundantes que las piritosas y se benefician en pocas localidades. En Rusia se funde la malaquita ó azurita, sin calcinación previa en hornos de cuba, mezclada con escorias del mismo trabajo y dolomia (que es un carbonato de cal y magnesia) como fundentes, reduciéndose á cobre negro, cuya riqueza no pasa de 90 por 100 y que contiene una gran cantidad de hierro, lo cual lo hace muy difícil de afinar. El afino se hace en hornos de reverbero.

344. PROPIEDADES DEL COBRE.—Es un metal rojo brillante, muy maleable en frío y en caliente, muy dúctil y muy tenaz, despide por el frote un olor desagradable y tiene un sabor particular. Su peso específico es de 8,788 cuando está fundido y 8,879 si está pasado por la hilera. Expuesto al aire, si es seco, no se altera á la temperatura ordinaria, pero calentado se cubre de una capa negra de óxido, y expuesto al aire húmedo ó agua se oxida formando una escrecencia verduzca llamada cardenillo, que es un veneno bastante activo y que le preserva para en adelante: es fuertemente atacado por los ácidos formando sales venenosas. Excepto con el hierro y el plomo, se liga fácilmente con los metales formando aleaciones.

La dilatación que el cobre sufre por cada grado á que se eleva su temperatura, es de $0^m000017$ por metro de longitud, y se funde de 1020 á 1200 grados centesimales.

345. PRODUCTOS Y USOS DEL COBRE.—Los lingotes de cobre tienen, como el plomo, su aplicación (aunque limitado por su mayor precio) en la unión de piedras para cuyo uso lo preferían los antiguos por su mayor duración, y en la fabricación de tubos, grifos y otros objetos.

Las planchas se obtienen por el laminado, calentando los lingotes al rojo obscuro y recalentándolos repetidas veces para que no se rasguen los bordes, en cuya operación se cubren de una capa de óxido que se quita colocando las planchas con orines durante algunos días y volviéndolas después al horno; el amoniaco del orín disuelve al óxido y deja limpio el metal, en cuyo caso, calientes aún las hojas y ligeramente humedecidas con agua, se frotan con madera y se vuelven á pasar por el laminador para enderezarlas.

Las planchas se emplean en cubiertas de edificios y azoteas, tubos de conducción de agua caliente ó vapor: se usa en la fabricación de clavos para sitios donde haya pólvora, pues no produce chispas.

Las hojas de cobre tienen de 0^m00068 á 0^m00075 de espesor y ordinariamente 1^m137 por 1^m408 de longitud y anchura: se designan por números los cuales indican las libras francesas de 0^k489 que la hoja pesa; de modo que son tanto más gruesas cuanto más alto es el número.

Del cobre se extraen muchas materias colorantes, tales como el verde gris, el verde mineral ó verde montaña, que es un carbonato de cobre bibásico hidratado.

346. DE LAS ALEACIONES. — Se llama *aleación* la combinación química de dos ó más metales y *amalgama* si uno de ellos es el mercurio, siendo simples en el primer caso y compuestas en

el segundo. Tienen generalmente las propiedades de los metales combinados aunque modificadas, siendo por lo común más duras y agrias y menos tenaces y dúctiles que el metal componente que lo es más, y más fusibles siempre que el que lo es menos y á veces hasta que el que lo es más.

La aleación se verifica generalmente por fusión, ya unidos, ya separados los metales, procurando un enfriamiento rápido para evitar que se separen los componentes. Las aleaciones que más interesan al constructor son el *bronce* y el *latón*.

347. El *bronce* es una aleación de cobre y estaño, mezclado á veces con cortas cantidades de cinc y plomo. Es muy difícil de fundir y su fusibilidad está entre las del cobre y estaño, siendo mucho más duro que el primero; su color es amarillento: enrojecido al fuego y sumergido en agua fría se le da el *temple*, haciéndolo muy maleable y fácil de trabajar con la lima, el martillo y el torno; pero enfriado lentamente al aire se convierte en agrio ó quebradizo, aumentando su dureza hasta el punto de poder sustituir al hierro en las armas blancas. Se cubre, como el cobre, de una película verduzca al contacto del aire, la cual lo preserva.

Antiguamente se empleó para cubrir edificios, pero hoy sólo se aplica en éstos en adornos, estatuas, campanas y en la fabricación de piezas que hayan de estar sometidas á frotamientos considerables, como en tejuelos y cojinetes de puertas y máquinas. Su composición en peso es, en estos casos, la siguiente:

Para campanas: 80 partes de cobre, 10,1 de estaño, 5,6 de cinc y 4,3 de plomo. Para tejuelos y cojinetes: 74,5 de cobre, 9,5 de estaño, 8,9 de cinc y 7,1 de plomo. Para adornos: 64,1 de cobre, 2,3 de estaño, 33 de cinc y 1,6 de plomo. Para estatuas: 89,2 de cobre, 10,2 de estaño, 0,5 de cinc y 0,1 de plomo.

348. El *latón* es una aleación de cobre y cinc en la que entra muchas veces el hierro, el plomo y el estaño, aunque en cortas cantidades. Se llama también cobre amarillo, similor, cobre blanco, etc., según la proporción en que se halla el cinc, asemejándose su color tanto más al oro cuanto menos cinc contiene. Es más dúctil que el cobre, más fácil de laminar, pero menos maleable y alterable; es fácilmente fusible, dúctil, maleable en frío y quebradizo en caliente. Expuesto al aire se cubre de cardenillo.

El latón se fabrica colocando el cinc en trozos en un crisol y cubriéndolo con granalla de cobre; se cierra el crisol y se le funde vertiéndolo luego en los moldes.

Se usa el latón lo mismo que el cobre, empleándolo también para fundir llaves ó grifos.

ARTÍCULO VI.

Trabajo de los metales en el taller y fabricación de varios objetos empleados en las obras.

349. PREPARACIÓN DEL METAL PARA SU EMPLEO.— Al salir de la fundición, de los laminadores ó de las forjas, necesitan los metales una preparación para acomodarlos al destino que han de tener en las obras, dándoles su forma definitiva á fin de que se puedan unir entre sí ó con los demás materiales.

El trabajo del hierro, como el de los demás metales, se hace unas veces en caliente y otras en frío. Calentado al rojo blanco el hierro, con excepción del fundido, puede estirarse, encogerse, plegarse ó encorvarse y soldarse consigo mismo. El herrero y el calderero lo trabajan en frío y en caliente, el cerrajero y el tornero solamente en frío.

En este artículo se tratará del trabajo que exigen aisladamente las piezas ó partes para que puedan formar un todo, y en el siguiente se explicarán los medios de unirlos ó soldarlos entre sí.

350. FRAGUA.—Es, como se sabe, un hogar alto, al que acude el cañón de un fuelle ó de un ventilador para activar el fuego, el cual se produce con carbón vegetal ó mineral, aunque éste debe estar exento de azufre, fósforo, arsénico ú otra sustancia capaz de combinarse con el hierro, porque pudiera alterar su calidad. Las fraguas son portátiles cuando la ejecución de una obra ó su montaje exige el caldeo del metal en el momento de emplearlo.

351. ÚTILES Y HERRAMIENTAS MÁS INDISPENSABLES.—El yunque, cuya maza prismática recubierta de acero está fija en un tronco ó tajo llamado *cepo* para darle estabilidad, se denomina *bigornia* cuando uno de los lados del prisma termina en una pirámide (peña) y el otro en un cono (cuerno), cuyos apéndices se llaman *bicornios*. En uno de ellos hay abierto un agujero vertical (clavera) que da salida á la cara vertical del yunque

por un segundo agujero á escuadra con el anterior. La bigornia de pequeñas dimensiones es portátil y se denomina *bigorneta.*

Las *tenazas* que sirven para coger el hierro, los *martillos* para golpearlo y las *sierras* para cortarlo son herramientas muy conocidas para que nos detengamos en su descripción.

Las *limas*, que son barras de acero cubiertas de asperezas, tienen formas muy diversas, denominándose *de tabla* las rectangulares, de *cola de ratón* las redondas, *medias cañas* las semi-redondas y *triangulares* las de esta figura. Las asperezas forman estrías en uno ó en dos sentidos y son más ó menos finas. Toman las limas el nombre de *escofinas* cuando las asperezas son dientes gruesos y triangulares, que sirven para desbastar el hierro y prepararlo para la lima.

Se emplean además las reglas-escuadras, falsas escuadras, compases, etc., señalando los puntos ó líneas de sus trazados con tiza y con punteros sueltos ó montados en aparatos.

En el banco que sirve para el trabajo manual, la pieza más importante es el tornillo ó *gato* de hierro formado de dos quijadas, fijada fuertemente en el banco una de ellas y movible la otra, la cual se junta ó separa de la anterior por medio de una fuerte rosca que entra en una tuerca practicada en la otra después de atravesar la movible; la tuerca que por un extremo sobresale de la quijada movible tiene en él una cabeza en la que penetra una palanqueta para darle vuelta y apretar ó aflojar la pieza de metal que se coloca entre ambas quijadas.

Para tomar ciertas medidas se emplea el *compás de gruesos (fig. 78)*, que en muchos de ellos tiene un arco ab y un tornillo de sujeción T. Con el objeto de tomar muchas medidas iguales se emplea el *escantillón (fig. 79)*, en el cual se marcan estas medidas M, m, m, T, t. Cuando los hierros han de tener una figura determinada se emplean las *plantillas* que son unas hojas de cinc ó de hierro recortadas según la figura que se desea; y para evitar que se muevan cuando se adaptan á la obra que se ejecuta se sujetan con unas sencillas prensas *(fig. 80)*, entre cuyos brazos se introducen los objetos que deben mantenerse fijos, empleando para ello el tornillo tn.

352. TRABAJO Á MANO DE LOS METALES.—Para trabajar el hierro se le calienta en la fragua al rojo blanco, no debiendo serlo á mayor temperatura porque se quema, ni á otra menor porque no le hace efecto el martillo. Con las tenazas ó por un extremo del hierro, cuando éste es bastante largo, se le coge y se coloca sobre el yunque dándole la forma adecuada con martillos de mango largo: la lima termina la operación haciendo á la pieza las labores convenientes para lo que se sujeta en el gato del banco; y si hay que hacer algún corte se apela al *cortafríos* que es un cincel de acero templado sobre el que se golpea con un martillo. El hierro colado se corta por medio de *buriles*, especie también de cinceles de hierro acerado con su corte duramente templado á los cuales se hace recorrer la línea trazada para el corte golpeándolos al mismo tiempo con un martillo.

353. Cuando hay que cortar el hierro forjado en trozos se dispone en el agujero de la bigornia una pieza que presenta en la parte superior un corte triangular, sobre ella se coloca el hierro caldeado que se ha de cortar y encima el filo de una especie de martillo llamado *trinchete*, el cual resiste el golpe de un martillo ó mazo de hierro.

Las planchas, sean de palastro, plomo, cinc ó latón, se cortan con cinceles y con la lima y también con tijeras cuando su grueso no pasa de un milímetro, pudiendo hacerse fuerza con las dos manos si se sujeta uno de los brazos de las tijeras en el banco y se aplican las manos al otro.

354. En caso de tenerse que hacer agujeros en el hierro, una vez caldeado éste en la fragua, se le coloca sobre el agujero de la bigornia y á martillazos se hace entrar el punzón ó puntero que es un vástago de hierro redondo ó prismático y provisto ó no de un mango.

En frío se taladran los metales con varios útiles. Si se trata de hojas delgadas se puede emplear el *sacabocados*, y si son algo más gruesas el *berbiquí*, el cual es *de bombo ó bombillo* y *de arco* cuando se trata de pequeños agujeros y *de peto ó de pecho* cuando son mayores. Unos y otros están provistos de *brocas* que son las puntas que taladran el hierro imprimiéndoles un movimiento de rotación. El agujero se agranda si es necesario con el *avellanador* el cual tiene por objeto principalmente quitar las rebabas que quedan en el agujero y regularizarlo dejándolo exactamente circular, ya de forma cilíndrica, ya cónica ó esférica.

355. Para enderezar ó aplanar las irregularidades que aparecen en los hierros debidas al poco esmero en el laminado, al retraso en el enfriamiento de unos puntos respecto de otros ó á los choques

ó esfuerzos que sufren en la conducción ó transporte, carga y descarga, se emplean diferentes medios según son las dimensiones y grueso de los hierros. En muchos casos, basta golpearlos con un mazo de madera ó con un martillo de hierro sobre una superficie bien plana y lisa. Los palastros ó planchas de otros metales cuyo grueso es menor de 3 $^{m}/_{m}$ se enderezan ó aplanan con rapidez haciéndolos pasar por entre dos cilindros que tienen giro inverso y están separados lo que tiene de grueso la plancha, para cuya operación se les conduce ó guía por medio de otro cilindro paralelo á los anteriores y que gira en el sentido que exije la marcha de la operación. Los hierros gruesos, los especiales y los de pisos, aunque pueden enderezarse á fuerza de martillazos, una vez puestos en el yunque, se les somete á la acción de una *prensa (fig. 81)*, consistente en un tornillo *on*, que avanza ó retrocede por medio de la tuerca *T* obrando sobre el hierro *hh*, el cual se apoya contra dos topes que hay en *P*, *P*, á cuyo hierro se obliga á enderezarse según la recta de un tope á otro.

356. El *cimbreado* de las barras de hierro ó su encorvamiento se obtiene con la prensa anterior haciendo avanzar el tornillo hasta que el hierro tome la curvatura necesaria. Conviene para ello calentar algo los hierros, especialmente en invierno pues podrían romperse ó agrietarse con el frío.

Para cimbrear el palastro se le calienta y se le hace pasar por entre una pared *ab (fig. 82)*, y un rodillo *R*, de 10 á 15 centímetros de diámetro, doblándole luego por medio de dos palancas como la indicada en *P*, con cuyo esfuerzo se consigue que tome una forma curva aunque no es muy regular. Ésta se consigue empleando máquinas de tres rodillos ó cilindros entre los cuales pasa el palastro; en unas, dos rodillos están fijos en la parte inferior y el otro se acerca ó aleja de ellos por encima y en otras sucede lo contrario. Se disponen también los cilindros como indica la *fig. 83:* entre los dos rodillos mayores *R*, *R*, pasa el palastro *abcd* para lo que no se les da más separación que el grueso de éste y se cimbrea la hoja colocando el otro rodillo *R'* en la situación conveniente para la curva que se desea obtener. La operación de cimbrear se verifica con varios pases y se llega al radio de curvatura definitivo graduando la separación de los cilindros.

Las hojas de plomo, cinc, bronce ó latón se cimbrean del mismo modo. Los hierros especiales se cimbrean entre cilindros con la diferencia de que presentan las acanaladuras necesarias para adaptarse al perfil del hierro y apretarlo en toda su sección.

357. Cuando hay que hacer ciertos detalles en el hierro se emplea una especie de martillos terminados por un lado en superficies curvas, cóncavas ó convexas, que se colocan sobre el objeto y resisten por la cabeza superior el golpe de un mazo para que el hierro caldeado se amolde á dicha superficie. Se da también una forma particular al hierro por medio de *estampas* que constan de dos partes: en una está el relieve y en otra el hueco que corresponden á la forma deseada y que son como el molde del objeto. Una de las partes tiene una espiga para colocarla en el agujero de la bigornia, la otra, que lleva un mango, se coloca sobre el hierro caldeado y se golpea con un martillo para dar al hierro la forma ideada. Las piezas huecas se forjan sobre moldes de hierro llamados *mandriles*.

Muchas de las operaciones que se acaban de indicar se ejecutan hoy con máquinas, que aunque se mueven á mano serán tratadas en otros párrafos de este mismo artículo.

358. CLAVOS, ROBLONES, PERNOS Y TORNILLOS Y SU FABRICACIÓN.—Siendo estos objetos de un uso tan necesario é importante en las obras de hierro y empleándose además como auxiliares del trabajo, parece conveniente tratar ahora de ellos para facilitar el estudio sucesivo.

Los *clavos* se hacen de trozos de varillas ó alambres á los que se deja la forma cilíndrica ó se les hace tomar la sección triangular ó poligonal. Como se sabe, tienen punta y cabeza y ésta es plana, esférica ó de punta de diamante. Si no tienen cabeza se llaman *espigas* y son de corta longitud.

Las aristas del vástago tienen en algunos clavos asperezas agudas dispuestas oblicuamente, las cuales son muy útiles cuando las obras de madera en que se emplean se hallan sujetas á movimientos de trepidación. La punta de los clavos es generalmente piramidal, rara vez cónica y algunas veces tiene la forma de corte con dos biseles.

Los clavos que son de un grueso igual y terminan en pirámide de poca altura tienen sobre los que adelgazan desde la cabeza á la punta las ventajas de que no rajan la madera y son más difíciles de extraer.

Las puntas de París, que son generalmente cilíndricas y terminan en pirámide, tienen además la

ventaja de que no necesitan barrenar previamente la madera.

La clavazón se denomina *menuda* cuando no llega á 12 centímetros de longitud y *gruesa* cuando pasa.

Toman el nombre de *alcayatas* ó *escarpias* los clavos que tienen en su cabeza un codillo en cuyo ángulo llevan un refuerzo para recibir los martillazos. Otros clavos tienen un ojo en vez de cabeza en cuyo caso se llaman *armellas*, y si además llevan entre el ojo y el vástago un codo para recibir los golpes del martillo con que se clavan, se denominan *fijas*: éstas se hacen también en forma de escarpias con el ojo en el codillo.

359. Los *roblones* son trozos de hierro ó de acero redondo *(fig. 70)*, con una cabeza *A*, *B*, *C*, *D*, en un extremo y á los cuales, una vez introducidos en el taladro donde se colocan, se les hace á martillazos otra cabeza igual ó distinta á la primera para cuyo fin se caldean previamente. Los roblones se hacen también con un extremo ó dos en forma troncónica como se vé en *E* y *F* cuando se quiere que enrasen con la superficie de los hierros que unen.

360. Los *tornillos* son, como se sabe, unos clavos cilíndricos con un filete triangular ó rectangular que da vueltas en espiral en la parte de su longitud inmediata á la punta. En su cabeza tienen una ranura según su diámetro para que encaje en ella el corte ó bisel del destornillador que ha de dar vueltas al tornillo á fin de que penetre en la madera ó en el hierro al cual hay que hacerle antes la hembra correspondiente. Por lo regular, la parte fileteada disminuye de diámetro hacia la punta. En el comercio se designan sus dimensiones por dos números: el primero indica el diámetro y el segundo la longitud, ambas medidas en milímetros.

Para que un tornillo sea bueno debe tener el filete cortante por su arista, su paso ha de ser igual á su altura y cilíndrica la parte no fileteada.

361. Consisten los *pernos* en unas varillas cilíndricas ó cuadradas *(fig. 71)*, que tienen una cabeza fija en un extremo y otra movible en el otro, habiéndolas también con las dos movibles y con dos fijas en el medio y dos movibles en los extremos, en cuyo caso se les llama pernos de cuatro cabezas. Las extremidades donde entran las movibles están fileteadas en espiral como tornillos y en este caso las cabezas se llaman *tuercas* afectando la forma redonda, cuadrada ó exagonal para poderla hacer girar cogiéndolas con las llaves *(figs. 72 y 73)*, denominada *de tuerca* la primera é *inglesa* la segunda. Los pernos de poca longitud se llaman *pernetes*.

El diámetro exterior de una tuerca debe ser doble del tornillo y tener el grueso bastante para contener cinco vueltas ó seis de la hélice cuando ha de ejercer una gran presión.

Para impedir que el perno dé vuelta cuando se atornilla la tuerca, se hace aquél de sección cuadrada en una parte de su longitud y en otra redondo ó se le provee de un tope junto á la cabeza que le sirva de tropiezo.

Hay pernos que en vez de tuerca y tornillo tienen en una extremidad *(fig. 74)* una mortaja ú ojo donde entre una clavija ó chaveta. Otros pernos llevan abierto un extremo *(fig. 75)* para poder remachar sus dos brazos é impedir que se salga y los hay también con escamas ó *presas* practicadas en su vástago *(fig. 76)*. La tuerca tiene algunas veces unas orejas *o*, *o* *(fig. 75)*, para darle vuelta sin necesidad de llave.

Los filetes de los pernos, así como las tuercas, han de estar hechos en frío: su cabeza debe estar soldada á fuego en el vástago ó formada por rechazo y no retenida por clavijas. Si han de sufrir grandes esfuerzos, el hierro de que se fabriquen ha de ser forjado á la catalana.

Los pernos se denominan por el número de milímetros que tiene de grueso el vástago; así se dice perno de 15 al que tiene un vástago de 15 milímetros de diámetro, de 21 el qué lo tiene de 21 $^m/_m$ etc.

362. Los clavos se forman introduciendo á martillazos ó por presión una varilla de hierro enrojecido en una cavidad cilíndrica como la indicada en la pieza *A*, *A'* *(fig. 77)* que se llama *clavera*. La cabeza se hace remachando la extremidad de la varilla introducida ó dando golpes sobre una *estampa E*, que es un trozo de acero con una concavidad de la figura que ha de tener la cabeza.

Las puntas de París se fabrican mecánicamente mediante varias operaciones: por la primera se toma el alambre para hacerle avanzar y enderezarlo y sujetarlo, luego se corta y forma la punta y últimamente se retira el clavo ya terminado.

Para fabricar los roblones se emplea la clavera de acero *A*, con la cavidad cilíndrica cuyo diámetro sea el del roblón y en ella entra por la parte inferior un taco *T*. Introducido el trozo de hierro que ha de formar el roblón con su extremidad su-

perior saliente calentada al rojo, se hace descender vivamente la estampa E que tiene su cavidad semiesférica c y aplasta la parte saliente del hierro obligándole á adoptar dicha forma. El taco T, que descansa sobre una palanca, se levanta entonces y hace salir el roblón por la parte superior. Cuando los roblones han de presentar su cabeza troncónica para quedar embutida, la clavera tiene la forma A' y la estampa presenta plana enteramente la cara aa.

Los pernos se fabrican como los roblones con la diferencia de la forma de la cabeza, que aquí es prismática, cuadrada ó exagonal y que el extremo opuesto se filetea y provee de tornillo y tuerca como los tornillos.

La fabricación de los clavos, roblones, pernos, etc., se hace con martillos que golpean sobre la estampa ó por presión, empleando máquinas parecidas á las prensas de copiar cartas.

Los tornillos se hacen con terrajas y las tuercas con machos. Las primeras son unas placas de acero llamadas *cojinetes* con varios agujeros de distintos diámetros en las cuales hay labradas dos ó tres espiras de tuerca, cuyos cojinetes entran en una caja practicada en el centro de una barra. Se sujeta en el tornillo de un banco de herrero el trozo de varilla ó vástago en el que se ha de hacer el fileteado y se encaja en él el cojinete de la terraja, dándole vueltas por medio de los brazos de la barra, para que las espiras muerdan la varilla y se formen poco á poco los filetes de la espiral. Cuando los tornillos han de tener diámetros de consideración, se emplea la terraja de dados ó de cojinetes en la que las espiras se forman con dos piezas que se separan ó acercan por medio de tornillos.

Las tuercas se sacan de barras planas de hierro que se cortan en trozos cuadrados, poligonales ó redondos. Las espiras se abren sujetando dichos trozos en el tornillo dicho de herrero é introduciendo en un agujero abierto antes el *macho* ó sea un tornillo de acero al que se da vueltas por medio de una barra que lo tiene sujeto en su centro, labrándose así poco á poco la ranura espiral que constituye el alma de la tuerca.

Los tornillos se hacen mucho más rápidamente con máquinas en las que el vástago de que se ha de formar está animado de un movimiento de rotación y la terraja se fija en un soporte que puede avanzar ó retroceder en la dirección del eje del vástago acercándose contra éste para que entre en aquélla al mismo tiempo que gira y formar el fileteado. La tuerca se hace poniendo en el soporte móvil el trozo de hierro con que se ha de formar y en lugar del vástago el macho ó tornillo y operando del mismo modo que para el fileteado.

363. CORTE Y CALADO DE LAS PLANCHAS.—Los palastros gruesos ó fuertes se cortan empleando las *tijeras de palanca*, que representa la *fig. 84*, en la que una hoja cd está fija y la bca tiene gran longitud para poder aplicarse á ella varios operarios y cortar palastros hasta de 12 $^m/_m$ de espesor.

Se corta también el hierro con tijeras *circulares* (*fig. 85*) que consisten en dos láminas de acero fijas en ruedas R, R', las cuales giran en sentido inverso una de otra, cogiendo entre ellas el palastro que ha de cortarse. El movimiento se efectúa por medio de un manubrio manejado por hombres ó por una polea que recibe el impulso de otro motor. Las dos láminas deben estar ligeramente en contacto una de otra y cruzarse una cantidad proporcional al grueso que se ha de cortar, pudiendo hacer esta operación lo mismo en línea recta que en curva, para lo cual llevan algunas un aparato que permite cortar según una circunferencia. Estas máquinas no cortan hierros de más de 7 $^m/_m$ de espesor, y por lo tanto, cuando pasan de este límite exigen el empleo de aparatos más poderosos.

Estas máquinas son *excéntricas* ó *de palanca*. En las primeras, una cuchilla está fija en el aparato y la otra tiene un movimiento vertical de vaivén producido por una rueda excéntrica fijada en un árbol horizontal, cuyo giro se efectúa por un motor cualquiera. Las máquinas de palanca tienen las cuchillas en sentido de la palanca ó perpendicularmente á ella, estando la móvil fijada al extremo de una palanca de primer género y moviéndose el otro por medio de una rueda.

Los metales se cortan también con guillotinas, con máquinas de cepillar y con las de escoplear.

El calado de las planchas para imitar la labor de un encaje se verifica á mano con tijeras y mecánicamente con las sierras mecánicas. Se pueden también calar con punzón, dando pequeños golpes sucesivos cuando las máquinas son de fuerte espesor, pues sale caro el recortado. Este trabajo es hoy de gran aplicación y se realza muchas veces con grabados.

Cuando se necesitan muchas piezas iguales de pequeñas dimensiones ó hay que cortar los palastros según ciertas figuras, serían muy entretenidos

los recortes recorriendo el contorno, y se evita este trabajo empleando máquinas donde el operador y la matriz tienen una sección idéntica á la forma que han de tener las piezas.

En todos casos, la obra ejecutada necesita algunas veces enderezarse ó aplanarse con el martillo ó con un mazo de madera, por haberse torcido ó alabeado.

364. MÁQUINAS PERFORADORAS.—En las movidas á mano ó por unas correas que transmiten el movimiento de otro motor, la broca ú operador *B (fig. 86)* está animado, simultánea ó separadamente, de un movimiento de rotación por medio del manubrio *M* que hace girar al eje *aB*, y de otro de presión que se ejerce moviendo á mano la rueda *a;* el platillo *P*, donde se coloca el objeto que ha de taladrarse, puede subir ó bajar y girar alrededor del pie de la máquina, según convenga.

La presión del útil se obtiene en otras máquinas por medio de un peso fijado en una palanca apoyada sobre la parte superior, lo cual tiene el inconveniente de que se embota la broca cuando tropieza con una parte más dura del metal que se perfora, por lo que se reemplaza el peso con la mano del operario, que proporciona la presión á la resistencia del metal: en otras máquinas, el operario les da movimiento por medio de un pedal donde apoya el pie.

Hay también máquinas perforadoras *á sacabocado ó de punzón*, en las que se opera el taladro, ya á golpe por medio de una palanca ó de un martillo, ya por presión ejercida por tornillos, que son las más poderosas. El punzón es en ellas un cilindro de acero templado, y la parte de metal ó *pepita* arrancada por él, pasa por una matriz, también de acero templado, con un agujero troncónico cuya base mayor es la inferior para la fácil salida de dicha pepita.

365. Cuando se trata de señalar los taladros para roblones que han de unir palastros, debe tenerse presente la manera cómo se han de unir éstos, pues que siendo troncónico el taladro ha de hacerse su trazado de tal modo que, una vez reunidas y roblonadas las piezas, se presenten como indica la *fig. 87*, con objeto de que cuando se remachen los roblones, el ensanchamiento que produce ayude á las cabezas al apretado de los palastros. Debe advertirse, además, que el procedimiento empleado en la perforación, influye en la resistencia de la unión; el punzón desagrega algo las inmediaciones del taladro y se prefiere el empleo de las brocas.

366. ESCOPLEADURAS.—Preparando previamente el hierro en la fragua, se practican escopleaduras con el buril, terminándolas con las limas, cuyas herramientas se emplean del mismo modo para trabajar los demas metales.

Se emplean también para hacer estos trabajos máquinas parecidas á las de perforar, pero con herramientas á propósito para abrir cajas ó hacer taladros de gran tamaño. Tienen tres clases de movimiento: uno de rotación y dos de traslación, en sentido perpendicular uno de otro. Por virtud de estas circunstancias se consigue que el objeto se presente á la acción sucesiva del operador, el cual tiene un movimiento rectilíneo alternativo y vertical. Se construyen también perforadoras en las que el objeto se halla fijo sólidamente y el cincel ó broca tiene un movimiento de vaivén en sentido de la profundidad de la caja que se ha de abrir y otro de traslación para ensancharla.

367. MOLDEADO DE METALES. — Habiéndose explicado ya el moldeado del hierro (283), resta ahora tratar de esta operación empleando otros metales, pero teniendo presente cuanto se dijo allí respecto á la disposición de los moldes y grueso de los objetos moldeados.

El modelo se hace de cera para estatuas ú objetos de bronce ó cobre menores de 60 centímetros, de tierra ó de yeso si es de tamaño natural y sólo de yeso cuando es mayor. El molde se forma de varias materias: se hace de arena arcillosa reducida á polvo, que sea glutinosa para que se pueda poner compacta, y bastante silícea para que no se quiebre al fuego; se forma también con carbón de retortas pulverizado y alúmina ó magnesia con un aglutinante, de tierra con excremento de caballo bien pulverizado y con otras materias. Para colar ó verter el metal en los moldes, el cobre ó bronce se funden en crisoles, y cuando el objeto es de grandes dimensiones, en hornos de reverbero; el cinc se liquida en crisoles de arcilla cocida y cruda parecidas á los empleados en la metalurgia del mismo metal (335), y el plomo y el estaño en una vasija de hierro que se pone sobre el fuego donde se derrite con facilidad.

La preparación de los moldes y la colada del metal en ellos es una operación delicada y que exige muchas precauciones para que no haya inconvenientes y que el producto resulte exento de sopladuras, hendiduras, burbujas, vetas ú otros defectos del mismo género y presente limpias sus formas sin rebabas ni ninguna otra deformidad.

368. FABRICACIÓN DE TUBOS METÁLICOS Y CANALES.—La tubería, que tantos usos tiene en la construcción, se hace de un modo directo, fundiendo el metal en moldes, como se ha indicado para los tubos de hierro colado (283), ó formando los cilindros con hojas ó planchas. Las canales se hacen con éstas solamente.

Los tubos que se hacen de plomo colado directamente en los moldes, se denominan *estirados*. Para fabricarlos se dispone una caja cilíndrica de fundición, y dentro como eje un cilindro ó núcleo, también de fundición, de un diámetro igual al calibre ó diámetro interior de dicho tubo: se vierte el metal fundido en el molde, y cuando ha cuajado, se abre el molde, se quita el eje y se sustituye por otro más largo del mismo diámetro; y así dispuesto, se pasa por un laminador cuyos cilindros están acanalados de modo que entre los dos componen círculos de diferentes diámetros, empezando el paso por los mayores y siguiendo por los menores hasta obtener el grueso deseado, lo que produce un estiramiento del plomo á la salida de los laminadores: hay por ambos lados una serie de rodillos deslizadores, para que por ellos corran con facilidad los tubos.

369. Para la fabricación de tubos con planchas, se cortan éstas á la medida conveniente de modo que, arrolladas, den el calibre que se desea, y se procede á encorvarlos en la bigornia ó en el *torno de caños*, que consiste en un cilindro de madera ó de metal con una ranura á lo largo para coger la hoja, montado á charnela por uno de los extremos de su eje y apoyado por el otro en un cojinete para hacerle girar por medio de una cigüeña ó manubrio: el cilindro está colocado en una mesa con una cavidad cilíndrica por lo general.

Para formar el tubo con esta máquina, se mete uno de los bordes ó juntas de la plancha en la ranura longitudinal del cilindro y se hace girar á éste llevando consigo la plancha, la cual al pasar por entre el cilindro y la cavidad de la mesa toma la forma tubular; se mueve entonces una palanca que sujetaba el eje del cilindro en el cojinete durante la operación y se levanta el cilindro por este extremo para sacar el caño.

En ambos lados del cilindro tiene el torno de caños otros dos cilindros fijos muy próximos á la mesa y de diámetros distintos, pero mucho más pequeños, con su acanaladura longitudinal, que sirven para hacer dobleces en los bordes de las planchas cuando han de formarse canales.

Las planchas se encorvan en la bigornia dándoles golpes á lo largo de uno de sus bordes ó juntas con el martillo de acopar y avanzando hacia el interior de la hoja hasta encorvar la mitad: después se hace lo mismo por el otro borde hasta encorvar del todo la plancha dándole la forma cilíndrica.

Dada á la plancha la forma tubular se juntan los dos bordes y se unen con las soldaduras de que se hablará en el artículo siguiente.

Las juntas del palastro se sueldan mejor consigo mismo, metiendo al efecto en la fragua ú hornillo el tubo hasta ponerlo al rojo sudoso: se saca, y sobre la bigornia y teniendo sostenidos los extremos con unas tenazas, se golpea encima de la unión con un martillo, después de haber espolvoreado con arena silícea la junta para limpiar el óxido de hierro que se haya formado; se continúa así hasta que se enfría el tubo; se le da una nueva calda y se prosigue la operación hasta terminar la soldadura. Cuando el tubo está frío, como siempre queda algo deformado, se le restituye á su forma cilíndrica con el martillo quitándole las abolladuras.

370. FUNDICIÓN DE LLAVES, CAÑOS Y GRIFOS.—Para fabricar estos objetos de bronce se hace el modelo de yeso escayola y se recubre con una masa hecha de arcilla y boñiga, bien triturada, de vaca ó caballería; se deja secar y se cuece en el horno, después de lo cual se hace pedazos el yeso y se pone en su lugar un núcleo de barro cocido del diámetro que ha de tener el tubo por dentro ó sea su calibre, sujetándole al molde con una cruz de hierro. Fundido el bronce, se cuela en el espacio hueco que queda entre el núcleo y la envolvente, y cuando está frío el metal se hace pedazos ésta sacando intacto el núcleo, que estará separado del bronce por el enfriamiento de éste y su correspondiente contracción.

Los objetos huecos de latón se funden en moldes de arcilla húmeda ó arena ennegrecidas con humo de tea en la parte que ha de estar en contacto con el metal. Para formar el molde se emplean dos cajas sin fondo ni tapa; se llena la inferior de arena ó arcilla, presentando el modelo para que se encaje en la mitad de su altura; luego se pone encima la otra caja, rellenándola de lo mismo, pero dejando dos conductos para entrada del metal fundido por el uno y salida del aire por el otro; al secarse, se separan las dos cajas con cuidado para sacar el modelo y se coloca en su lugar el eje ó calibre, que es de hierro colado, sujetándolo con arena; se exponen

las cajas al humo de tea y se ajustan una sobre otra para hacer la colada del metal en el molde.

371. ESTAMPACIÓN Y MOLDEADO DE HOJAS METÁLICAS.—Para este trabajo, la plancha se coloca entre el *molde ó punzón* que presenta la forma que se le quiere dar y la *estampa* que se ajusta á aquél, oprimiendo la plancha entre ambas por medio de una prensa en la que se fija la estampa. La prensa baja con fuerza, pero muy poco á poco y repetidas veces, descendiendo cada vez más hasta ajustar la hoja contra el molde, el cual se llama *contra estampa*, cuando su forma no es muy complicada. En algunos casos hay que calentar las planchas para obligarlas á plegarse al molde; y cuando éste es muy complicado, se empieza por rellenar sus huecos con plomo derretido ó con agua á fin de amortiguar la acción de la estampa, que obrando constantemente sobre el plomo ó el agua por el intermedio de la plancha, los va desalojando poco á poco y á medida que aquélla se ajusta al molde.

Las molduras se forman de la misma manera, con la diferencia de que en el molde no puede haber relleno de plomo, y se forman de una serie de acaballamientos constituidos por piezas sueltas convenientemente ligadas, á las que se aplica la estampa, rellenando antes con agua los huecos de la plancha.

Se forman también las molduras en el *torno de entallar*, que es una especie de laminador constituido por una serie de pares de cilindros que llevan acanaladuras de la forma de la moldura que se quiere obtener, y tales, que uno la lleva en hueco y el otro en relieve, ajustando perfectamente entre sí.

Cuando son sencillas, se hacen las molduras á mano en el *tiquetás*, que es un yunque con acanaladuras, colocando la hoja sobre ellas y golpeándola con un martillo de acanalar hasta darle la forma que se desee.

Con el cinc especialmente se hacen estampados de hojas que sustituyen económicamente á los adornos de otros materiales, y que por su resistencia á la intemperie, tienen hoy mucha aplicación. Se fabrican florones, centros, ángulos de recuadros, colgantes, frisos, cornisas, grecas, cresterías, balaustradas, ménsulas, capiteles, etc.

372. AJUSTE Ó RECORRIDO DE LAS PIEZAS METÁLICAS.— La obra ejecutada en la fragua y el yunque, así como la fundida y la que producen las máquinas ó instrumentos de cortar ó perforar, necesitan un repaso, el cual se verifica en el banco del herrero cuando la pieza es manuable, sujetándola en el tornillo.

Los cortes se terminan con el buril ó con la lima quitándoles las rebabas y asperezas; se emplean algunas veces las ruedas ó piedras de afilar para recorrer los contornos curvos. Los agujeros, abiertos de cualquier modo que sea, se desbarban con la lima de media caña ó de cola de ratón.

El martillo y los buriles completan en muchos casos la obra á que los demás instrumentos ó máquinas no alcanzan por el sitio en que necesitan trabajar.

373. ALISADO.—La ejecución de los trabajos anteriores en los metales produce muchas veces rebabas y desigualdades que se repasan con la lima y con la lija, ó con máquinas llamadas *alisadoras* cuando el movimiento giratorio es para pulir el interior de una superficie cilíndrica y *acepilladoras* cuando tienen por objeto pulimentar las superficies planas. Unas conservan fijo el objeto, teniendo movimiento la herramienta ú operador, y otras por el contrario, tienen el objeto en una plataforma móvil y el operador permanece fijo.

Si el hierro fundido ha de ser pulimentado, se prepara de la siguiente manera: se limpia y lava con un ácido diluído, y cuando está seco, se estrega con limas ó con un cepillo mecánico, y á seguida se le aplican varias manos de petróleo bruto, dejando secar la una antes de darle la siguiente; después se frota con un cepillo de fuertes crines, lo que saca al hierro un hermoso brillo sombrío que no se empaña con el orín y resiste hasta un elevado calor sin desaparecer.

374. TORNEADO DE METALES.—Los sólidos de revolución, que alguna vez se emplean en las obras, se labran en los tornos, los cuales son de dos clases: *de puntas* y *al aire*, pudiendo tener su eje de rotación vertical ú horizontal. Los tornos para metales son generalmente de hierro y se mueven mecánicamente en los talleres de ajuste.

También hay tornos para labrar superficies que no son de revolución, como por ejemplo, elipsoides de ejes desiguales. Para ello, el árbol que lleva la pieza para tornear está montado en un excéntrico.

ARTÍCULO VII.

Uniones ó ensambles y soldaduras metálicas.

375. IMPORTANCIA DE LAS UNIONES Y SUS CLASES.— La seguridad de una obra, bien sea de hierro ó de otra sustancia cualquiera formada de porciones diversas del mismo ó de diferentes materiales unidos entre sí, depende, siempre que cada porción sea bastante á resistir los esfuerzos á que está sometida, del sistema de unión adoptado para enlazarlas. En el hierro es esto de la mayor importancia, pues entra por mucho en la estabilidad y exacta repartición de las fuerzas á que se le somete. Para ello tiene sobre los demás materiales la ventaja de que, gracias á la rigidez y resistencia del metal, las piezas, unidas y sujetas, resultan tan invariables y resistentes como si fueran una sola, además de que pueden fortificarse ó reforzarse cuanto se quiera las uniones.

376. En unos casos se unen las piezas por yuxtaposición, asegurándolas con pernos, roblones ó tornillos, ó por el intermedio de otras piezas que se fijan del mismo modo; otras veces se consigue la unión encajando unas piezas en otras por medio de cortes entrantes ó salientes, que se llaman *ensambladuras, ensambles ó ensamblajes;* y últimamente hay otra manera de unir los metales, que es la *soldadura*, ya soldándolos consigo mismos cuando tienen esta propiedad y se la puede aprovechar, en cuyo caso se llama soldadura *autógena ó simple,* ya empleando una materia intermedia, que se llama también *soldadura* y que pega ó une las piezas formando la soldadura *compuesta.* La soldadura de los metales consigo mismos tiene que hacerse caldeándolos, es decir, *á fuego;* las soldaduras compuestas se hacen unas veces *á fuego* y otras *en frío.*

377. Dos piezas ó más se unen *á junta plana,* cuando están simplemente en contacto una con otra, diciéndose que están *acopladas* si se hallan unas junto á otras en sentido de su longitud. En ambos casos, la unión exige medios auxiliares de sujeción, como pernos, tornillos, roblones, etc.

Las ensambladuras toman el nombre de *empalmes* cuando las piezas que se unen son prolongación unas de otras.

378. UNIÓN DE PIEZAS POR MEDIO DE ROBLONES, PERNOS Y TORNILLOS. — La primera operación que exige esta clase de enlaces es la de taladrar ó perforar las piezas, para lo cual debe tenerse presente lo que se dijo en su lugar (365).

Perforadas las piezas que han de unirse y dispuestas de manera que ajusten bien y se correspondan los taladros donde han de alojarse los roblones, según se indica á la izquierda de la *figura 87,* se procede á la colocación de éstos ó al *roblonado.* Se caldea el roblón al rojo, y cuando está próximo á desaparecer este color ó acaba de desaparecer, que es cuando tiene la mayor resistencia al esfuerzo cortante, se introduce en los taladros que se corresponden apoyando la cabeza que traen de la fábrica en una maza ó martillo en el que hay una cavidad igual á la cabeza dicha y se dan de prisa en el otro extremo pequeños golpes con un martillo para remachar el roblón y formarle la cabeza; cuya operación se termina colocando encima una pieza de acero que tiene un hueco cónico ó esférico, según haya de ser el remache, y que se llama *doile,* sobre el cual se golpea con un martillo hasta que queda el roblón como se ve en sección á la derecha de la *fig. 87.*

Cuando el diámetro del roblón es pequeño, un solo herrero forma el remache teniendo en la mano izquierda el doile que inclina sucesivamente en todos sentidos para formar la cabeza dándole golpes con el martillo que tiene en su mano derecha.

Siendo manuales las piezas que se han de roblonar, la maza en que se apoya la cabeza ya formada del roblón está fija sobre el terreno por el intermedio de un tarugo de madera.

Si el remache del roblón ha de quedar embutido en el espesor del hierro que sujeta, el martillo tiene su cabeza plana, y una vez terminada la operación, se quitan las rebabas producidas con el martillo por medio de cinceles, cortafríos ó limas.

Al enfriarse el roblón se acorta y aprieta enérgicamente unos contra otros los diversos hierros que une, de modo que el frotamiento de los espesores entre sí contribuye á resistir á los esfuerzos que soporta la unión imposibilitando el desgarramiento del roblón. Y como este apretamiento es tanto mayor cuanto más en contacto están las piezas enlazadas en el momento en que la cabeza del roblón se forma, se acostumbra dar golpes de martillo sobre los palastros cuando éstos se unen, al mismo tiempo que se roblona.

El roblón no debe calentarse demasiado porque

en este caso conserva una temperatura muy elevada al terminarse la cabeza y su enfriamiento puede producir una tensión que pase del límite de resistencia produciendo la ruptura.

El roblonado de palastros, que también se llama *cosido*, se hace en frío cuando aquellos son delgados y aun cuando llegan á 4 $^m/_m$ de espesor, en cuyo caso los roblones tienen un grueso de 12 á 14 $^m/_m$.

379. El roblonado á mano es muy lento, pues una pareja de herreros no puede poner más de 300 al día, y se emplean máquinas que dan un producto de 2000. Además, el roblón mal sostenido huye al golpe del martillo y sus cabezas no aprietan, faltando por tanto frotamiento y quedando solamente el esfuerzo del roblón al desgarramiento. Tampoco el vástago de éste llena completamente el hueco del agujero y cuando la pieza fijada por roblones está sometida á la tracción ó á la compresión, el esfuerzo se reparte desigualmente entre los roblones por no llenar igualmente los agujeros. En fin, el vástago del roblón se enfría rápidamente por su contacto con las piezas que une, estando negro cuando se golpea la cabeza para terminarla, resultando que el martillo disminuye la resistencia del roblón sucediendo en ocasiones que se rompen algunos con la conmoción producida al remachar el inmediato. Estos defectos é inconvenientes se evitan con el roblonado á máquina que con su rapidez de acción y sus presiones enormes hace que los roblones llenen completamente el hueco aunque sea muy irregular y aprieten fuertemente las piezas unidas unas contra otras, evitando que al enfriarse produzcan los efectos indicados anteriormente.

Existen un gran número de máquinas de roblonar: *de vapor*, *hidráulicas*, *de palanca* y *excéntricas*. Las hidráulicas parece que son las mejores hasta el día. Para piezas gruesas que exigen una presión considerable, las máquinas son fijas; cuando nó, portátiles. Entre éstas las hay que pueden suspenderse para remachar roblones donde quiera que se encuentren. Entre las fijas algunas permiten roblonar á 2 metros de los bordes del palastro con una presión de 80.000 kilogramos.

Se ha puesto en práctica un procedimiento para roblonar por medio de la electricidad haciendo pasar por los roblones una corriente enérgica que los enrojece: después se comprimen con la máquina para formar sus cabezas y es tan intenso algunas veces el calor que se sueldan los roblones á la plancha.

380. Los tornillos se colocan, como se sabe, dándoles vueltas con el *destornillador* que es bien conocido. Antes de introducirlos en la hembra se untan con aceite ó grasa para prevenir su oxidación y facilitar su salida si es necesaria.

No sujetan la unión de las piezas con la fuerza que los roblones y se aflojan con facilidad, especialmente cuando las piezas sufren algún movimiento ó vibraciones, pero son muy útiles en muchos casos.

381. Los pernos *(fig. 71)* producen su efecto apretando las piezas que han de enlazar entre su cabeza y la tuerca. Para ello se hace girar ésta cogiéndola con el extremo abierto de las llaves *(figuras 72 y 73)*. La primera solo puede emplearse para tuercas de los tamaños que puedan entrar en las aberturas de sus dos extremos; la segunda ó inglesa para todas las tuercas, sean grandes ó chicas porque sus quijadas *a*, *d*, pueden acercarse ó separarse con solo dar vueltas á la parte *abc*, que gira libremente por la parte *bc* y corre á lo largo del tornillo que indica la figura, pues tiene su correspondiente hembra en *a*.

El diámetro del agujero que ha de recibir un perno se hace generalmente un poco mayor que éste con objeto de que pueda entrarse y sacarse, y cuando se quiere preservársele del orín se le unta con aceite ó se pinta al óleo. Muchas veces se oxidan aunque se den con aceite, pero se evita esto mezclando grafito al aceite.

Se emplean los pernos cuando unas piezas se han de unir á otras ya colocadas, cuando se desea tener movilidad en las ensambladuras ó cuando la comodidad del trabajo obliga á sacrificar algo de la solidez para facilitar las maniobras.

382. EMPALMES.—Pueden verificarse: *á junta* plana *(fig. 88)*, asegurándolos con roblones ó tornillos *T*, *T*; *á horquilla (fig. 89)*, abriendo una de las barras *A* de modo que abrace la otra pieza *B* ó como indica la *(fig. 90)*; *á medio hierro (fig. 91)*, donde las piezas *A* y *B* tienen en sus extremos los cortes que indica la figura y se asegura la unión por remaches, pudiendo reforzarse con bandas *bb* y poner pernetes *pn*; *á rayo de Júpiter (fig. 92)*, el cual se sujeta por una chaveta ó dos *c* en forma de cuña; *á diente (figs. 93 y 94)*, en cuyo caso el empalme se fija por medio de cinchos. Se emplea también en el encadenado de suelos el ensamblaje *(fig. 95)*, que permite regular la tensión por medio de una pequeña cuña *c*.

Utilizando las cualidades de los tornillos que

permiten acercarse ó separarse las piezas empalmadas se hacen las uniones *á rosca (fig. 96)*, donde el tornillo se hace en el extremo de una de las piezas A y la tuerca en el otro B que se representa en sección; los de oreja sencilla ó doble *(figs. 97* y *98)* y los *ajustadores* que se disponen de varias maneras *(figs. 99, 100* y *101*. En el de la *fig. 99*, el extremo fileteado de la barra ab entra en una hembra que tiene la manija cd, la cual puede girar alrededor de la otra pieza ef, que como se ve tiene un anillo para unirse á otras piezas. En la *fig. 100* los extremos que han de empalmarse están fileteados en sentido inverso de manera que haciendo girar la doble tuerca ó manija ab se aproximan ó separan según el sentido en que se verifica este giro; la doble tuerca afecta generalmente la forma de la *fig. 101*. En vez de terminar por tornillo las dos extremidades que se han de unir se las provee también de hembras *(fig. 102)* en las que entran los brazos del ajustador aca, fileteados en sentido inverso así como las hembras, verificándose el giro por medio de una palanqueta introducida en el agujero c.

383. ENSAMBLES DE ÁNGULO.—Cuando los extremos que deben unirse forman ángulo, puede abrirse en el uno A *(fig. 103)* un taladro, donde entre el otro B, remachando para que no se salga su extremo saliente ó dotándolo de los filetes de un tornillo *(fig. 104)* para sujetarlo con una tuerca tc. También se hace á una de las piezas ó á las dos un codillo de las distintas maneras indicadas por las secciones *(figs. 105, 106* y *107)*, asegurando la unión con roblones rs ó pernetes, ó empleando para unirlas hierros de ángulo *(figs. 108* y *109)* que fijan la unión por medio de roblones rs ó de pernetes pn.

384. La ensambladura entre el extremo de una pieza que encuentra á otra formando ángulo en un punto cualquiera de su longitud puede hacerse de varias maneras: á caja y espiga *(fig. 110)* asegurándola con una clavija c; *á rosca (fig. 111)*, cuya extremidad puede remacharse como está indicado en sección a, ó sujetarse por medio de una tuerca; *á espiga pasante (fig. 112)* en que la parte saliente s de la espiga se remacha ó se atraviesa con una clavija c según se vé en la figura, pudiendo también sustituirse por un tornillo con su tuerca como en la *fig. 104*.

La unión se verifica algunas veces haciendo un codo ó dos en forma de T al extremo que debe ensamblarse *(fig. 113)* ó dándole la forma de horquilla *(fig. 114)*, para que abrace con sus aletas la otra pieza. Otras veces esta extremidad tiene la forma de cubo ú ojo *(fig. 115)* en el que entra la otra pieza; y cuando esto no puede verificarlo por estar fija en cierta situación se hace un collar cr *(fig. 116)*, el cual abraza la barra A y se sujeta por sus extremos á la pieza B mediante un pernete P. Las orejas se hacen también en la pieza contraria *(fig. 117)*, asegurándose por pernetes pn.

385. Dos piezas que se cruzan se ensamblan haciendo en una de ellas ó en las dos *(fig. 118)* unas entalladuras cn que se aseguran con clavijas remachadas en o.

Si la cruz se forma con dos piezas que encuentran á otra, puede hacerse á los extremos de aquéllas unas orejas formando T como las de la *fig. 98* las cuales cogen en medio la otra pieza asegurando la unión por medio de pernetes como los de la figura ó por roblones. La unión puede formarse también haciendo que los extremos de las barras que se corresponden *(fig. 119)* se hallen dotados, el uno A, de tornillo y el otro B, de tuerca. Se verifican también estas uniones, especialmente si son muchas las piezas que las componen, empleando una pieza suplementaria de varios brazos *(fig. 120)*, cada uno de los cuales sirve para empalmar las diversas piezas por los medios indicados en la figura y que quedan detallados en las anteriores.

El ensamblaje de varias piezas que se cruzan ó de muchas de ellas en una sola se dispone de varios modos, según las condiciones de la reunión. La *fig. 121* indica una manera de ensamblar cuatro piezas con otra que les es normal soldando tres de ellas A, B, C, en forma de T la cual se da también á la otra D para abrazar con las cabezas á la barra E empleando para la sujeción del ensamble los pernetes p, p. En la disposición de la *fig. 122* las cuatro piezas se unen por medio de hierros angulares acb que tienen redondeado su vértice para abrazar la otra pieza C; y en la *fig. 123* la unión se verifica en una placa circular pc atravesada en su centro por la pieza normal O y á cuya placa se fijan los extremos de las otras piezas dándoles la forma de horquilla para recibir la placa y estar sujetas á ella por medio de pernetes. La *fig. 124* indica otro modo de ensamblaje en que la pieza A tiene en su extremo una espiga pasante para atravesar la B y presentar un ojo en su extremo saliente con objeto de que la otra pieza C que termina

en horquilla y tiene también ojos en sus brazos pueda unirse á ella por medio de una chaveta ó pernete *n*.

386. ENSAMBLADURAS DEL HIERRO FUNDIDO.—Este material no puede trabajarse en caliente ni en frío si no es con limas ó á pequeños golpes de cincel, de modo que las ensambladuras tienen que salir preparadas del molde. En piezas de reducidas dimensiones, los ensambles pueden ser á caja y espiga, pero en las de importancia se reducen al simple contacto de superficies sujetas por pernos, no pudiendo hacerse remaches porque los golpes podrían producir roturas en el hierro colado. Y como las superficies de éste salen rugosas, hay precisión de limar las que se han de hallar en contacto. Cuando se ensamblan dos piezas por sus cantos se proporciona á éstos en el molde la extensión suficiente para que haya el contacto que exige la unión y la colocación de los pernos necesarios para que se conserven las piezas unidas. Así, la junta de dos hierros de sección I que hayan de empalmarse *(fig. 125)* se dispone de manera que cada una de las piezas presente un plano normal á ellas proyectado en *aa*, reforzado en su medio con unos nervios *N* y que esté perforado en cuatro puntos para introducir los pernetes *ps* que han de mantener fija la unión.

387. Las columnas y tubos tienen dos clases de unión llamadas *enchufes*. Según la una, la junta es plana *cc (fig. 126)*, haciéndose en las dos extremidades de la columna ó tubo unos rebordes ó *bridas* para asegurar la unión con pernetes según se ve en la figura. Según la otra manera de enchufar, el extremo de un tubo encaja en un rebajo practicado en la boca del otro como el indicado en las *figs. 40* y *41*. Se combinan ambos sistemas como se ve en las *figs. 127* y *128* cuando se quieren hacer impermeables las juntas ó se desea mayor estabilidad en el enchufe.

388. OBSERVACIONES SOBRE LAS ENSAMBLADURAS Y EMPALMES.—Al disponer la unión de dos piezas ó de varias, hay que atender en primer lugar á la dirección y magnitud de los esfuerzos que las han de solicitar disponiendo la forma de la ensambladura y los refuerzos que necesita de modo que el sistema tenga tanta resistencia en este punto como en el resto sin complicar su disposición, pues cuanto más sencilla sea, más fácil será su colocación y el conseguir un ajuste exacto.

En muchos de los ejemplos presentados anteriormente se necesita para verificar los ensambles preparar antes las piezas en la fragua, dándoles en el yunque ciertos ensanches, rebordes, refuerzos ó formas particulares que faciliten la unión y presten á la misma la resistencia que les quitan las escopleaduras y agujeros exigidos por la seguridad ó fijeza de la ensambladura.

389. En algunos casos, las cajas y las espigas presentan una sección circular porque permite obtener más precisión y exactitud en el ajuste. Entonces, si una de las piezas está solicitada á girar dentro de la otra como el eje en una rueda, se abre sobre la cara de la espiga y sobre la de la caja una ranura *r (fig. 129)* donde pueda entrar una chaveta que impida el giro. Si está solicitada á separarse una pieza de otra se atraviesan ambas con una clavija.

390. En el empleo de las roscas debe impedirse el aflojamiento de la tuerca por consecuencia de un movimiento retrógrado de rotación debido á una causa cualquiera. Al efecto se colocan algunas veces dobles tuercas *T, T (fig. 130)*, de modo que la exterior llamada *contratuerca* apriete fuertemente á la primeramente colocada, haciendo muy difícil su movimiento. Esto sin embargo, no impide que afloje la tuerca y se han propuesto varios medios: uno de ellos es el empleo de clavijas que atraviesen el tornillo, sea por encima de la tuerca ó contratuerca *(fig. 131)* doblando las puntas *c, c'* para que no se pueda salir ó encajándola en una ranura practicada en la cara exterior de la contratuerca á ambos lados del tornillo, en la dirección del taladro hecho en éste, sea atravesando tornillo y tuerca por un costado, para lo que deben presentarse enfilados los taladros de ambas piezas; otro medio consiste en hacer que la tuerca ajuste á tornillo en la contratuerca para lo que llevan fileteado parte de su grueso con un tornillo del mismo paso que el del perno pero de mayor diámetro; se emplean también anillos de retención sujetos por un tornillo de presión al perno del lado exterior de la tuerca: pero el mejor sistema son las placas-contratuercas que están enmuescadas formando cepo y cogen la mitad de la tuerca de modo que una vez sujetas con un tornillo á la placa ó pieza que ajusta el perno, no permiten mover á la tuerca. Finalmente se ha sustituido la contratuerca con roldanas de goma elástica.

391. La elección entre roblones, pernos ó tor-

nillos para sujetar una ensambladura, depende de la clase de esfuerzos que han de solicitar la desunión, de la naturaleza del material, pues unos consienten los golpes del martillo y otros no como el hierro fundido, y de la situación del ensamble que permite ó no el empleo de determinados medios.

392. Además del ajuste que entre las diversas piezas de hierro proporcionan los tornillos ó roblones, se calafatean y retunden las juntas por donde pueda pasar el aire ó el agua, si esto se ha de evitar, con estopa impregnada de algún betún, ó con plomo, los cuales se introducen con punzones que se golpean con martillos: se emplean también los mastics ó mezclas que se explicarán para las soldaduras.

393. UNIÓN DE PALASTROS.—En la unión de planchas, generalmente se admiten dos clases de juntas conocidas con los nombres de *juntas sobrepuestas (fig. 132)* y *juntas al tope (fig. 133),* pudiendo decirse que ordinariamente no se hace uso de las primeras en la construcción, pues siempre puede unirlas al tope con mejores condiciones de resistencia otra plancha llamada *cubrejunta,* ó mejor dos, como en la figura, una en cada cara de las piezas unidas; la cubrejunta es un hierro ó dos de T *(fig. 134)* cuando se necesita gran resistencia. En todos casos se aseguran las planchas entre sí ó con la cubrejunta por medio de roblones *rs*, es decir, se *cosen.*

Los agujeros destinados á recibir los roblones han de corresponderse en todas las hojas ó planchas que deben unir, y si alguna desigualdad existe, se alisan á mano con una lima, asegurándose provisionalmente las planchas con pernos del mismo diámetro que los roblones definitivos, mientras dura el remache.

La separación máxima de los roblones es ordinariamente de 100 á 125 milímetros de eje á eje, variando según su diámetro y la naturaleza de las piezas que unen; en las construcciones ordinarias se admite una separación media de seis veces el diámetro del roblón.

Los roblones se disponen generalmente, según líneas paralelas á la longitud de las piezas que se trata de reunir, adoptándose uno de los dos sistemas indicados en la *fig. 135*, en donde la parte de la derecha los tiene formando cuadrado y la izquierda al tresbolillo, que es la disposición más á propósito en el concepto de la resistencia.

La práctica ha hecho ver que las puntas de las cubrejuntas tienden á separarse de las planchas que recubren, y que esta tendencia es tanto más enérgica cuanto mayor es la distancia que se deja entre los bordes y los roblones más inmediatos; con objeto de evitar este inconveniente, se terminan las planchas como aparece en la figura.

En la unión de planchas de diferentes espesores hay que poner á la más delgada *(fig. 136)* un suplemento ó plancha de relleno en la extensión que abrace la cubrejunta que la dé el espesor que le falte para ser igual al de la más gruesa con el objeto de que la unión se halle en buenas condiciones. Siendo varios los palastros que concurren en un punto, se adelgazan dos de ellos, como indica la *fig. 137,* para que no sea muy grande el espesor.

394. Cuando las planchas que se han de unir no se hallan en el mismo plano, sino formando un ángulo más ó menos abierto, la unión se efectúa mediante un hierro angular por la parte interior *(fig. 138)* cuando el encuentro de los palastros es por sus bordes, reforzándose con un palastro angular por la parte exterior.

Se dobla también una de las piezas por su extremo para formar el ángulo *(fig. 105),* lo cual se hace cuando el palastro es delgado ó cuando una de las piezas es de fundición, en cuyo caso saca ésta del molde la forma conveniente. Encontrándose el borde de una plancha con la superficie de otra *(fig. 139),* se emplean dos hierros angulares con un refuerzo, el cual en ciertos casos se convierte en hierro de T, como se indica de puntos en la figura, y cuya cabeza se roblona.

Cruzándose los palastros, la unión tiene que verificarse con cuatro hierros angulares que en algunos casos se sustituyen por planchas acodilladas, como demuestra la *fig. 140.*

395. El ensamblaje de palastros paralelos se verifica, sea empleando dos hierros angulares roblonados uno con otro en sentido contrario *(fig. 141)* ó con hierros especiales en forma de Z, sea con hierros de [*(figs. 142* y *143).*

Cuando hay que mantener el paralelismo de las planchas por hallarse distantes los ensamblajes anteriores, se introduce entre ellas una roldana ó tubo *tb (fig. 144),* dentro del cual pasa un perno, como se indica de puntos, ó se emplea un perno de cuatro cabezas *pn* con sus dos extremos fileteados y los dos topes ó cabezas *r, r,* en el vástago los cuales fijan la separación de los palastros, sirviendo

las tuercas para apretarlos contra dichas cabezas ó topes.

396. ENSAMBLADURAS DE HIERROS ESPECIALES Y DE SECCIÓN I.—Los hierros angulares pueden plegarse en caliente, haciendo que formen un ángulo abierto; pero si éste ha de ser recto ó agudo es necesario cortar *(fig. 145)* la parte angular *acb* del brazo ó alma que se considere necesario para que al doblarse pueda coincidir el lado *ac* con el *cb*, formando el ángulo *ecd'* que se desee. La junta *bc* se suelda caldeando el hierro y golpeándola con el martillo. Si el esfuerzo á que ha de estar sometido el ensamblaje es de consideración se refuerza con un hierro plano angular por cada lado á modo de cubrejunta, según se indica de puntos, asegurándolo con roblones. Este refuerzo puede ser de figura triangular *(fig. 146)* abarcando más ó menos los hierros enlazados, según sea la rigidez que se quiera dar al ensamble, é intercalar otro triángulo de plancha *abc* cuyo grueso sea igual al de los brazos ó nervios de los hierros ensamblados, cuyo triángulo se roblona juntamente con las planchas de ensamble colocadas en ambos lados.

397. Cuando el extremo de un hierro encuentra á otro formando con él una T, son varios los medios de unión que se adoptan. En el caso de la *figura 147* se quita al hierro *A* de sección T una parte de su nervio *cdad'*, detalle *A'*, y se dobla en caliente la cabeza *cd* hasta que tome la posición *cd'*, quedando así dispuesta como se ve en el detalle *A''*, para adaptarse al brazo del hierro angular *B*, asegurándose luego la unión con dos tornillos ó roblones. El ensamble se ejecuta también, como se indica en la *fig. 148*, cortando la cabeza del hierro *A* y doblando su nervio, según se demuestra en *A'*, para fijarlo con pernetes al hierro angular *B*. En el caso de la figura, se supone además que el hierro *A*, *A'*, está inclinado y el *B* horizontal, como sucede en las cubiertas.

El encuentro de la extremidad de un hierro T ó angular *B (fig. 149)* con otro *A* de la misma altura, se une por medio de dos escuadras *cd*, que por un lado se roblonan en el alma ó nervio del primer hierro *B*, para cuyo efecto se corta á éste el brazo ó ala en la parte necesaria, como indica el detalle *B'*, y por el otro lado se aseguran al hierro *A* por medio de pernetes *p*. De la misma manera se ensamblan cuando los hierros tienen sección doble T y han de enrasar por abajo *(fig. 150)* ó por arriba *(fig. 151)*, haciendo los cortes que se detallan con la letra *B'* y empleando escuadras. En todos casos, éstas se roblonan á la pieza más manual, lo que puede hacerse en el taller, y se sujetan con pernos á la otra al tiempo de colocarlas en obra.

398. El cruce de dos hierros T *(fig. 152)*, que son de las mismas dimensiones y han de enrasar uno con otro, se verifica haciendo en uno de ellos *B* una escopleadura en el nervio vertical, como se indica en *B'*, para que en ella penetre el alma de la otra pieza, á la que se le han quitado las alas en la parte *aa* que ensambla con la anterior. Pero de este modo se debilita esta pieza *cd*, y con objeto de evitarlo, se propone por algunos constructores dejar intacto este hierro y hacer que penetre á través de la pieza *B*, para cuyo efecto se practica en ésta el corte indicado en el detalle *B''*.

En el caso de que hayan de ensamblarse dos hierros T, uno á cada lado de otro *(fig. 153)*, se corta á los primeros *A*, *A'*, *B*, *B'*, la parte de sus cabezas que corresponde á la *cc* del otro, asegurándose la unión por medio de una banda que atraviesa al hierro *cc* y se fija por medio de roblones en uno de los hierros *B*, *B'*, y por pernetes en el otro *A*, *A'*. En la disposición de la *fig. 154*, se da á las piezas el corte oblícuo *d'o'c'* que se detalla en *A'* y que exige su situación inclinada para que ajusten con el nervio de la *dcc*. Este ensamble presenta grandes ventajas al montar las piezas en la obra. Uno de los hierros puede llevar roblonada del taller la banda de unión y sujetarla en su sitio ó sea en la obra por medio de un pernete al hierro del otro lado, para cuyo efecto tiene ya hechos los taladros correspondientes.

El ensamble de cruz se practica también *(figura 155)* quitando las cabezas de la T en los extremos de los hierros, y doblando sus nervios en escuadra, como se detalla en *B'*, para adaptarlos al nervio del hierro que se cruza y al que se sujetan por medio de un pernete ó roblón. Análogamente se procede cuando los hierros *(fig. 156)* encuentran á otro según una inclinación cualquiera. Los hierros angulares que van á ensamblar por sus extremos se disponen también, como se ve en la *fig. 157*, quitándoles parte de uno de sus brazos y doblando el que quede *cb* para fijarlo en el otro hierro por medio de pernetes ó roblones. Los extremos de los hierros *(fig. 158)* se proveen también de platinas que formen T con el nervio, según se ve en *A'*, y que reciben en medio al otro hierro al cual se sujetan por medio de roblones ó pernetes.

Si los hierros van sobre una viga *V (fig. 159)* formada de hierros angulares *E, E* y un palastro central *ad* como alma, pueden unirse en la prolongación *ac* de ésta, quitando al efecto sus cabezas ó brazos, como en la *fig. 154*, para que sus nervios ajusten en la prolongación *ac* asegurándose la unión de las tres piezas por medio de las escuadras *cas*, que como se ve en la figura, pueden roblonarse en la parte *ac* y sujetar á las piezas *A, B*, por medio de pernetes *P*. Otras veces se doblan los brazos ó cabezas de los hierros *A, B (fig. 160)* de la manera que se explicó en el ensamble de la *fig. 148* para unirse con la prolongación del alma *eh* por medio de pernos *ps*.

399. De un modo análogo al explicado para la ensambladura de palastros paralelos (395) se pueden enlazar dos hierros especiales ó de T doble, cuyos ejes son también paralelos, valiéndose de dos escuadras unidas inversamente, como en la *fig. 141*, ó de hierros de sección [, según aparece en las *figuras 142* y *143*, pudiendo sustituirse éstos con escuadras y una plancha *aa* intermedia.

400. SOLDADURA Á FUEGO DE LOS HIERROS.—Aunque las barras de hierro se sueldan en las ferrerías para laminarlas (291), también á veces hay necesidad de *liar*, es decir, hacer paquetes de ellas en los talleres de los herreros para formar barras gruesas. Se caldean para ello los paquetes y se baten ó forjan golpeándolos con martillos sobre el yunque hasta que se unen bien.

Para alargar una barra ó unir dos por sus extremos se pueden adoptar varias soldaduras: *al tope*, para lo cual, después de caldeados los extremos, se les deja caer sobre la bigornia con objeto de que formen una especie de cabeza ó que presenten ángulo agudo, y se juntan luego uniéndolos á martillazos, con cuya operación no se disminuye el grueso de la barra; otro modo de unión es el llamado *de patilla*, que consiste en empalmar los extremos caldeados y golpear la unión hasta que se sueldan. Se hacen terminar en punta los dos extremos que han de unirse *(fig. 161)* y añadiéndoles unas cuñas *C, C*, se calienta todo al rojo blanco y se une á martillazos; otro medio, llamado á *cola de lobo*, es el indicado en la *fig. 162*, haciendo que un extremo termine en una punta y el otro en dos, formando éstas un ángulo entrante donde se aloja aquélla. Conviene este procedimiento para la unión del hierro con el acero y para soldar hierros de diferentes calidades, dando al acero ó al hierro inferior la forma de punta. Los empalmes resultan algunas veces más delgados que el resto de las barras, y entonces se abre el medio de los mismos y se introduce un trozo de hierro, volviendo á caldear la unión y martillearla.

Cuando se desea unir dos piezas en ángulo recto ú oblícuo, se les da cualquiera de las dos formas indicadas en la *fig. 163*, agregando algunas veces un trozo de hierro entre ambas piezas.

En todos estos casos se espolvorea el hierro con arena seca al sacarlo de la fragua para que, al golpearle con el martillo sobre el yunque, salte aquélla arrastrando el óxido, que de otro modo impediría la pegadura del metal. Últimamente, se repasa la soldadura con la lima para que no se conozca.

401. Se pega ó suelda también el hierro empleando el cobre ó una aleación de 67 partes de cobre y 33 de cinc ó sea latón. Para ello se pone este fundente con borax ó sal amoníaco en la junta de las piezas que se han de unir, se sujeta con alambres y se expone al fuego de la fragua hasta que se funda el latón, lo cual conseguido, se golpea la junta en el yunque para completar la unión. Después de fría la pegadura, se le quitan las rebabas con la lima.

Para soldar el acero fundido, que no se puede calentar mucho porque se descarbura, se aconseja el empleo de un fundente compuesto de 61 partes de borax, 17 de sal amoníaco, 16 de prusiato amarillo de potasa y 5 de pez griega. Pulverizado el borax y la sal amoníaco, se calientan poco á poco hasta que se fundan y desaparezca el olor á amoníaco, echando una poca de agua de cuando en cuando; se agregan el prusiato y la pez, también pulverizados, y se revuelve la masa para formar una papilla espesa; y en cuanto se nota un ligero olor parecido al aguardiente de cerezas (que es debido al cianógeno), se separa del fuego y se vierte sobre una plancha de hierro formando capas que no tengan más de 12 milímetros de grueso y se deja secar. Para usarla, se pulveriza la cantidad necesaria, se espolvorea con ella el acero ya caliente y se aumenta después el fuego, llegando al rojo cereza claro ó poco más, añadiendo algunas veces un poco de arena que facilita la soldadura.

402. SOLDADURAS DEL HIERRO EN FRÍO.—Esta clase de pegaduras son poco sólidas ó fuertes y no se usan en el hierro ó acero, pues que pueden soldarse en caliente. En la fundición se emplea sólo en determinados casos.

Para unir el hierro, se emplea el betún de *limaduras* compuesto de la manera siguiente: se ponen durante 24 horas en sal y vinagre 50 partes de limaduras de hierro tamizadas y no oxidadas y después se mezclan con una parte de azufre y otra de cal. Se introduce esta mezcla en la junta, comprimiéndola con un cincel, al que se aplica el martillo á golpes.

Para soldar piezas rotas de hierro fundido se hace un mastic con 3 partes de azufre, 3 de blanco de plomo y una de borax, que se disuelven en ácido sulfúrico concentrado para que forme pasta. Se extiende una capa delgada entre los trozos de hierro que se quieran unir y se mantienen adheridos por espacio de cinco días, al cabo de los cuales la pegadura es perfecta.

En las ensambladuras y guarnecido ó toma de juntas se usa un mastic compuesto de 20 kilogramos de limaduras de hierro no oxidadas, uno de sal amoníaco en disolución y otro de flor de azufre. Se amasa la mezcla en el momento de emplearla y al cabo de dos á cinco días está tan dura como la piedra, haciendo cuerpo con las piezas unidas.

Para juntas secas de fundición se emplea una mezcla de 100 gramos de limaduras de fundición gris, 15 de flor de azufre y uno de sal amoníaco formando con aguardiente una pasta ligeramente espesa.

Los defectos del hierro fundido ó los huecos que saca de su fabricación, se rellenan con una aleación de 9 partes de plomo, 2 de antimonio y una de bismuto.

403. SOLDADURA AL FUEGO, DE VARIOS METALES.—La soldadura del plomo consigo mismo, se efectúa por medio del soplete. Se recortan para ello los bordes que se han de pegar, y una vez juntos uno á otro, aproxima allí el obrero una barrita de plomo con la mano izquierda y dirige con la otra la llama del soplete, la cual funde los bordes y la barrita, rellenando el plomo de ésta los huecos de la unión y quedando ésta sin conocerse si la operación se ha hecho con destreza.

El estaño se suelda consigo mismo limpiando antes las superficies de contacto con ácido nítrico. Se presentan luego las piezas una sobre otra y se aplica á la junta el *soldador*, que es una especie de martillo de cobre con mango largo, cuya cabeza caldeada previamente funde el estaño y verifica la unión ó soldadura. Ésta puede hacerse también al soplete como el plomo.

404. La unión de piezas metálicas que no se sueldan ó adhieren directamente entre sí, se verifica valiéndose de otro metal más fusible que los que se trata de unir. Esta soldadura se denomina *floja ó blanda* cuando se funde antes del calor rojo y *dura ó fuerte* cuando necesita más calor.

Entre las primeras están: la soldadura *de plomeros* compuesta de dos partes de plomo y una de estaño, empleada para soldar cinc ó plomo; la *de hojalateros*, que se hace con partes iguales de plomo y estaño ó bien con dos partes de estaño y una de plomo y también con siete partes de plomo y una de estaño. Se añaden como fundentes en estas soldaduras, la resina común para el estaño, hojalata, cobre ó hierro, el sebo para el plomo y la sal amoníaco para el cinc, el cual se humedece además con ácido clorhídrico antes de soldarlo.

Para las soldaduras blandas se limpian primeramente las partes que se han de unir, se toma luego con el soldador bien caliente un poco de soldadura de las barritas preparadas al efecto llamadas *rieles* y se aplica á la junta de unión oprimiéndola al mismo tiempo un poco con el corte ó bisel del soldador para que el contacto sea íntimo. También puede hacerse la soldadura con el soplete.

Los hojalateros espolvorean con resina la junta que se ha de soldar, y cuando el soldador está casi al rojo lo pasan por un pedazo de fieltro, después sobre una poca de resina y luego por un riel de soldadura que se aplica sobre la junta, primero por un lado y después por el otro. La resina en polvo puede sustituirse por espíritu de sal.

405. En las soldaduras *fuertes* se emplean: para la unión del cobre, el latón con exceso de cinc, y si la pieza no ha de exponerse al fuego, estaño; para unir el platino se emplea el oro, la plata y también una aleación compuesta de 67 partes de plata, 23 de cobre y 10 de cinc. Los fundentes en esta clase de soldaduras son borax ó sal amoniaco.

Las soldaduras fuertes se ejecutan interponiendo entre las piezas que han de unirse la soldadura y el fundente pulverizados y apretando con alambre las piezas unidas; luego se ponen en la fragua para fundir la soldadura, se golpea á seguida con martillos á fin de verificar la unión de los dos objetos, y se quitan después con la lima las rebabas que resultan.

Se hacen también soldaduras por medio de una corriente eléctrica de gran intensidad. Para ello se juntan las piezas y se les agrega el fundente si

se quiere, sometiéndolas después á la corriente.

406. Al hacer las soldaduras se hace preciso que las partes que han de unirse estén perfectamente limpias, con especialidad de orín, con el que no es posible la unión.

407. SOLDADURA EN FRÍO DE LOS METALES.—Las soldaduras en frío de los metales se hacen con mastics como las del hierro.

Para juntas de cobre, se mezclan el minio y el albayalde por partes iguales, haciéndose una pasta que no se pegue á los dedos y empleándose cuando las juntas han de abrirse de cuando en cuando. Se unen también con una pasta consistente en blanco ú óxido de cinc y aceite y con el mastic Servet compuesto de 72 partes de sulfuro de plomo calcinado, 54 de peróxido de manganeso y 13 de aceite de linaza.

En juntas groseras no expuestas al calor, se emplea el yeso mate ó la cal molidos con aceite de linaza y cáñamo picado en pequeños trozos.

Con óxido de plomo y glicerina se hace una masa que endurece con rapidez y es insoluble en los ácidos, soportando la acción del calor.

ARTÍCULO VIII

Medios de mejorar el aspecto de los metales y de preservarlos ó conservarlos.

408. GALVANIZADO DEL HIERRO.—Con el objeto de preservar estos metales de la oxidación, se les recubre de una capa ó baño de cinc, formando de este modo un par eléctrico, en el que el cinc es el polo positivo donde se fija el oxígeno del aire que como se ha dicho (336) no ataca más que la superficie del metal preservando el resto, que aquí es el hierro.

La operación se verifica de dos maneras: sumergiendo las piezas en un baño de cinc fundido ó sometiéndolas al paso de una corriente eléctrica en el interior de una disolución de sal de cinc, corriente que descomponiendo dicha sal deja una capa metálica sobre el hierro. En ambos casos es preciso, para que la capa sea adherente, que la superficie del hierro ó del acero esté limpia de óxido; por lo que hay que prepararla sometiéndola á disoluciones ácidas.

El palastro, el alambre ó el objeto de hierro que se ha de preservar, se calienta bien y se lava sucesivamente con agua fuerte, espíritu de sal y aceite de vitriolo y se mete en una disolución de sal amoníaco.

Preparados de este modo los objetos, se procede á la galvanización, limpiándolos antes y secándolos rápidamente con aserrín de madera. Por el primer procedimiento se introducen en un baño de cinc fundido donde se mantienen durante más ó menos tiempo, según el grueso que se haya de dar á la capa de cinc: se lavan bién en agua fría para quitarles el exceso de cinc y se sumerjen de nuevo en la anterior disolución; y finalmente, ya casi seco el objeto, se lava en agua natural. Si los objetos son tan grandes que no se pueden meter en el baño, se emplea una brocha de alambre llamada *grata* para cubrirlos de la fundición y si por el contrario son pequeños, tales como clavos ó tornillos, se meten en una cesta de alambre para sumergirlos en el baño. Cuando hay agujeros que no han de galvanizarse, se tapan con corcho ó madera; y si son los filetes de un tornillo los que han de quedar libres, se los recubre de barro. Por este procedimiento, el hierro así cincado se vuelve ágrio y las láminas sufren cierta deformación cuyos incònvenientes no existen cuando se opera por la vía galvánica. Para ésta se dispone el baño electrolítico con el cloruro de cinc ó mejor con el cianosulfito ó en la disolución en el amoníaco del precipitado que éste reactivo forma en una sal doble de cinc y amonio. La corriente ha de ser constante como el grado de concentración de la disolución, para lo cual se forma el catodo con láminas de cinc y se suspenden en el baño, por medio de un pequeño cesto, cristales de la sal empleada.

Se galvaniza también el hierro por una simple inmersión en una disolución de sal cíncica, generalmente el protocloruro, valiéndose de la propiedad de la cementación; pero las capas así obtenidas no son tan adherentes como las que produce el galvanismo, ni su obtención es tan rápida.

409. EMPLOMADO DEL HIERRO.—El palastro se recubre de plomo por el mismo procedimiento que se sigue para galvanizarlo, á diferencia de que el baño preservador llamado *flujo* se compone de una mezcla de cloruro de cinc limpio de grasa y la disolución amoniacal: la fundición más conveniente para aplicarla sobre el hierro es de plomo con 15 por 100 de estaño recubriendo la superficie del crisol donde se funde con una disolución amoniacal y un poco de aceite ó sebo.

410. ESTAÑADO DE METALES Y HOJA DE LATA.—Se practica esta operación como las anteriores empleando en la fundición el estaño con $^1/_5$ de su peso de plomo ó la aleación Biberel, que se obtiene fundiendo 6 partes de estaño sobre las que se pone una de limaduras de hierro.

Para estañar por medio de la pila se prepara un baño con 400 gramos de pirofosfato de potasa, 150 de protocloruro de estaño y 560 de agua: el electrodo positivo es una barra de estaño puro y el negativo otra de cinc, y la operación se termina con el bruñido.

411. La hoja de lata es una plancha ó chapa de hierro recubierta de estaño por ambas caras.

Para prepararlas, se escogen de palastro trabajado con carbón vegetal y se las limpia perfectamente con agua y ácido muriático, á cuya operación se llama *blanqueo*. Se las seca en un horno calentado al rojo oscuro, y cuando están frías, se sumergen en un baño de sebo y á continuación en el de estaño, al cual se agrega cobre en virutas: se procede luego al *lavado* en una caldera llena de estaño en granos fundido y en otra con sebo, limpiando finalmente las hojas de las rebabas de estaño que puedan tener.

Debe cuidarse que el hierro no quede descubierto de estaño, porque la hoja se destruye con mucha rapidez por la formación de un par voltáico en la unión de los metales, que atrae el oxígeno del aire sobre el hierro y cuya acción favorece la humedad.

La hoja de lata, como el palastro, debe estar libre de abolladuras y asperezas, limpio su contorno y tener su superficie lisa y brillante, sin manchas ni rayas. Su color ha de ser perfectamente blanco de plata sin mezcla de amarillo.

412. MEDIOS DE CONSERVAR EL HIERRO.—Los medios empleados para preservar al hierro de la oxidación son principalmente las grasas, betunes y pinturas al óleo, generalmente de minio. En todos casos, antes de prepararlo es preciso que el hierro esté perfectamente limpio, pero no raspado, quitándole para ello hasta el menor indicio de óxido por medio de un ácido y dándole después con aceite. Varios son los procedimientos que se adoptan y de ellos daremos algunas noticias.

Se dan dos ó más manos de minio y otras dos de brea, pudiéndose después fijar una pintura al óleo del color que se quiera.

Para impedir la oxidación del hierro se le calienta fuertemente y se le introduce en un baño de sebo, y luego que esté frío, en otro baño de aceite secante: después se le seca.

En Inglaterra se usa para preservar al hierro y al acero de la oxidación una mezcla compuesta de un litro de aceite de linaza hervido, un litro de barniz pardo, 125 gramos de trementina y 45 gramos de alcanfor. Fundidas estas sustancias en un baño de María, se mezclan bien y se introducen los objetos algunos instantes, lavándolos luego con agua caliente y secándolos con un trapo.

Si bien la pintura de albayalde ó minio con aceites fijos como el de linaza, protege al hierro de la acción del agua de mar, no impide la aglomeración ó incrustación de conchas, y hasta hoy lo que mejor la ha detenido ha sido el mezclar á la pintura sales de mercurio y principalmente el cloruro mercurioso.

Según un constructor de California, Juan Head, la pintura con aceite de linaza no penetra ni tapa los poros del hierro por ser demasiado espesa, y propone el empleo de la pintura hecha con albayalde en polvo impalpable diluido en esencia de trementina.

La pintura debe renovarse cuando se deteriore, porque al cabo de algunos años el óxido de hierro empuja de dentro afuera y hace saltar la pintura. La de minio, según experiencias practicadas en Holanda, parece la mejor, y la peor la de alquitrán.

El hierro se conserva bien cuando se sumerge en lechada de cal viva y después de algún tiempo se limpia con un trapo seco.

También se preserva sumergiéndolo en agua que contenga $^1/_{500}$ de su peso de carbonato de sosa ó de potasa.

Se preserva también el hierro pintándolo con una capa muy delgada de borato de plomo en que se haya disuelto una pequeña cantidad de óxido de cobre, agregando algunas escamas ó lentejuelas de platino. Esta composición, calentada perfectamente, se aplica con una brocha de alambre ó se sumerge el hierro en ella. Al enfriarse, toma un color gris cristalino parecido al del hierro bruñido.

Se ha ideado un procedimiento de silicatación, que consiste en aplicar con un pincel una disolución de un silicato soluble ó bien sumergir el objeto en el baño y someterlo después á una elevada temperatura en un horno ó estufa para que el silicato al fundirse cubra el hierro con igualdad y se fije bien; una vez frío, este revestimiento da al objeto un aspecto semejante al que produciría un bar-

niz negro; es muy compacto y permanente y resiste no sólo á las influencias atmosféricas, sino también á las acciones mecánicas.

Contra la acción destructora de las sustancias que van á las letrinas, se cubre el hierro con una capa ó baño de porcelana ó vidrio que, además de preservarlo, facilita su limpieza.

Se han hecho ensayos en Inglaterra para hacerlo inoxidable, sometiendo al hierro calentado hasta el rojo á la acción de una corriente de vapor de agua, recalentado durante un tiempo bastante largo. El vapor se descompone en hidrógeno que se escapa del aparato donde se efectúa el caldeo y en oxígeno que se combina con el hierro y forma en la superficie de los objetos una costra de peróxido (óxido magnético) que alcanza un espesor de $^3/_4$ de milímetro al cabo de doce horas. Es muy dura y se adhiere fuertemente al metal, no se deforman los objetos en la operación, y la resistencia del hierro no experimenta más que una alteración insignificante, por lo que pudiera ser de conveniente aplicación.

Se compone un mastic de color gris con gutta-percha, alquitrán vegetal, flor de azufre y resina pura, que se adhiere de tal modo al hierro que en frío sólo lo arranca el cincel. Se aplica en caliente y por capas de 2 á 3 milímetros.

De algún tiempo acá se emplea una pintura llamada *indianita*, cuya base es cautchouc volcanizado, y que se aplica en frío sin exigir que se prepare el hierro con minio, resultando además muy económica.

Para evitar que el acero se oxide se recomiendan los siguientes procedimientos: 1.° Calentado al calor rojo se le frota con cera ó se sumerge en aceite, si es que no se prefiere templarle en un barniz negro preparado con aceite de cuerno. 2.° Fundiendo 180 gramos de sebo fino y 4 de alcanfor pulverizado con 30 gotas de aceite esencial de espliego, se barnizará el acero con esta preparación. 3.° Se hacen hervir, durante un cuarto de hora, en un recipiente de cobre ó hierro, 100 gramos de aceite de linaza con 20 de polvo de litargirio; se deja enfriar la mezcla, se cuela y se coloca nuevamente en el fuego, disolviendo en ella 20 gramos de ámbar amarillo pulverizado; se agregan luego 60 gramos de aceite de trementina, de manera que la mezcla se vuelve muy clara, y con una esponja se aplica ligeramente sobre el acero, que se habrá lavado previamente en una mezcla de agua y de potasa.

413. PRESERVACIÓN DEL HIERRO CONTRA EL FUEGO. — La incombustibilidad de este material hizo suponer que con él no habría peligro de que los incendios tomasen gran incremento en las construcciones de este género; pero la práctica ha venido á demostrar que la dilatación que el hierro sufre con el calor ejerce un grande esfuerzo contra los muros, produciendo el derrumbamiento de los que están enlazados con viguería de hierro.

Pero se ha observado también que donde el yeso se emplea unido al hierro, como en París, los incendios toman menos incremento que donde se emplea la cal, como en Londres, y se atribuye esta diferencia á que el yeso conserva 14 por 100 de agua, que en caso de incendio se evapora, necesitando para ello apropiarse una gran cantidad de calor.

Para evitar, pues, los efectos de la dilatación, los ingenieros ingleses han ideado cubrir el hierro con un betún mal conductor del calórico, que permite á las armaduras de hierro sufrir sin detrimento, durante bastante tiempo, la acción de un calor intenso. Los americanos del Norte encierran las partes metálicas en envolturas refractarias.

Cubriendo las superficies metálicas de una red de alambres embebida en un mortero, se evita que el fuego accione directamente sobre columnas, vigas y demás armaduras de hierro. También pueden cubrirse con un guarnecido de hormigón compuesto de yeso y ladrillo machacado.

CAPÍTULO III

Materiales de origen vegetal

ARTÍCULO I

Árboles de construcción.

414. ÁRBOLES EN GENERAL.— Los árboles son los productos del reino vegetal que más materiales proporcionan para la construcción, sea como elemento principal, sea como auxiliar. De ellos se forma en muchas partes la osamenta de los edificios, en otras constituye los pisos y cubiertas y en todas es indispensable para la construcción de puertas y ventanas. Como auxiliar, facilita la ejecución de las obras, ya formando andamiajes y cimbras, ya proporcionando herramientas ó instrumentos de trabajo. Interesa conocer por lo tanto los productos que dan los árboles, y aunque no podamos buscarlos en su origen, porque ésto nos separaría de nuestro objeto intrusándonos en terreno que no nos corresponde, debemos estudiar el árbol ya formado en disposición de arrancarlo de la tierra para dedicarlo á las exigencias de la construcción.

El tronco de los árboles, que es lo que en ellos nos interesa principalmente, presenta dos partes distintas: una exterior, que es la *corteza*, inútil en obras, y otra interior, llamada *madera*, que está compuesta de anillos ó capas concéntricas, cada una de las cuales la constituyen el crecimiento de primavera por el interior y el de otoño por el exterior, por lo que estas capas se llaman *anuales*. La capa más próxima á la corteza tiene generalmente una parte leñosa y poco consistente llamada *albura*, que mientras el árbol vive se convierte en madera perfecta ó *duramen*. En los países tropicales no son visibles estas capas porque la vegetación allí es continua. En el interior y centro del tronco se presenta, además, lo que se llama *médula*.

Las capas anuales están constituidas por celdillas, fibras, vasos y canales, atravesándolas los radios medulares que se dirigen desde la médula hasta la corteza. Éstos y las fibras son elementos esenciales que no faltan en los árboles; los demás son accesorios y de ellos carecen algunas plantas. De la agrupación de fibras en hacecillos paralelos ó entrelazados ó de su repartición uniforme, depende el grano más ó menos fino de la madera y la facilidad de poderse rajar. Los radios medulares afectan una disposición transversal radiante en forma de láminas verticales más ó menos gruesas, presentando en una sección longitudinal del tronco unas manchas brillantes ó reflejos, llamados *espejuelos ó lentejuelas*, de color más ó menos débil que el resto del tejido leñoso.

415. Los árboles que en construcción se emplean, se clasifican en cuatro grupos: en el primero se incluyen los que dan maderas más duras, en el segundo los que están impregnados de resina, en el tercero los que dan maderas blandas y en el cuarto los de tejido fino y compacto, cuya madera es susceptible de recibir pulimento.

Esta clasificación es convencional, y las indicaciones que hemos de dar respecto de cada clase de madera, no son fijas para todos los climas y terrenos, pues maderas que en unas partes son excelentes y tienen las propiedades que vamos á indicar, hemos observado que no son tan buenas en otros puntos. Por esto el constructor, antes de adoptar materiales en una localidad desconocida, debe hacer un estudio detenido de los que en ella existen ó se emplean, para no cometer faltas que algunas veces son irremediables y siempre desacreditan.

Trataremos primero de las maderas que se producen en nuestros climas europeos; pero como los notables progresos en las comunicaciones y la escasez cada vez mayor de maderas en el viejo mundo, por la tala de sus bosques, hacen prever que en día no lejano habrá que acudir á otros puntos de producción, conviene conocer las maderas que tenemos en Ultramar y hemos de dedicar, por lo tanto, algunas páginas á la descripción de varias de las muchas que producen las islas Filipinas, de Cuba y Puerto-Rico.

416. ÁRBOLES DE MADERA DURA. — Esta clase de árboles son, en general, de un trabajo penoso, y su uso en construcción, por lo tanto, está limitado á viguería ó carpintería que exija poca labra.

417. Se clasifican como de madera dura la *encina*, el *alcornoque*, el *quejigo*, el *roble*, el *eucalipto*, el *castaño*, el *olmo*, el *nogal*, el *haya* y el *fresno*, entre los árboles españoles y varios otros exóticos.

La *encina* da una madera de fibras rectas y compactas, notable por su mucha albura, que no se distingue del duramen sino por su color más claro, recién cortada; tiene la madera un color amarillento oscuro, el cual llega á ennegrecer por una larga exposición al aire ó al agua; es susceptible de adquirir pulimento, y así como tarda mucho en crecer es muy duradera y la más á propósito para sumergirla en el agua y exponerla á la intemperie; sin embargo, al secarse, se alabea y agrietea.

El *alcornoque* tiene su madera parecida á la de encina, y como ella, es pesada y compacta; su color es desigual, gris, pardo ó pardo rojizo, distinguiéndose poco la albura del duramen; se altera con las alternativas de sequía y humedad, se agritea fácilmente y ataca al hierro con el tanino que contiene, por cuyas condiciones se usa muy poco. Su corteza es el *corcho*, la cual se quita periódicamente (unos siete años).

El *quejigo* tiene una madera más apreciada que la del alcornoque y de la encina, reemplazando en Andalucía al roble de las provincias del Norte.

El *roble* se distingue por su abundante albura y anchos espejuelos ó lentejuelas, y se clasifica en *albar* ó *blanco* y en *negro* ó *rebollo*. El albar tiene un color pardo leonado claro con la albura blanca, siendo la madera más oscura, más blanda y más fácil de trabajar que la de la encina, con la circunstancia de que, cuanto peor es la albura, mejor es el duramen, y mejor la de climas meridionales que la del Norte. El roble negro ó *rebollo* es más recto y cilíndrico, su madera es más oscura, menos nudosa, de grano más fino y más fácil de trabajar que la del blanco; pero se agrietea, hiende y deforma mucho, acogiéndose á él los insectos con preferencia. El roble blanco sirve para obras hidráulicas, y el negro para viguería. En general se distinguen tres clases de robles: *fuerte*, el que tiene más gruesos sus anillos; *flojo*, el correspondiente á anillos de poco grueso, y *común*, el de dimensiones intermedias.

El *eucalipto*, procedente de la Australia y aclimatado en España, da una madera muy compacta, dura y flexible. Su color es blanco verdoso amarillento, resiste los ataques de los termitidos y taredos y las alternativas de sequía y humedad. Su corteza sirve para fabricar cartón impermeable.

El *castaño* tiene la madera muy parecida á la del roble, aunque más flexible, sin espejuelos y con poca albura; es de color amarillento y tiene menos perceptibles sus radios medulares; su uso en viguería es muy duradero, pero se apolilla la albura con mucha prontitud; según envejece se hace quebradizo y fácil de henderse y hacerse astillas, y si se pone alternativamente á la sequía y humedad, se pudre. Cortado joven el árbol, conserva siempre gran elasticidad y dura mucho más al aire libre.

El *olmo*, que en algunas partes se llama impropiamente álamo negro, tiene la albura bien marcada, bastante gruesa y algunas veces blanquecina con manchas ó vetas pardas; es madera muy fibrosa, dura, flexible y suave, elástica y muy tenaz, sujeta á alabearse y difícil de rajarse y de trabajar; su color es amarillo rosado con vetas algo más oscuras, ó rojizo con un tinte pardo ó rojo oscuro; dura como el roble, especialmente en sitios húmedos, y se emplea en obras hidráulicas, tornos, prensas, husillos y otros objetos parecidos, no usándose en la carpintería ordinaria por ser atacada con facilidad de los gusanos; sin embargo, admite pulimento.

El *nogal* proporciona una madera compacta, suave á las herramientas y susceptible de pulimento. Lo hay *blanco* y *negro:* el primero es más común y tiene color gris veteado de manchas negras ó rojizas, empleándose en armazones, y el segundo tiene fondo pardo rojizo con vetas más oscuras, prestándose bien al enchapado. Ambas clases se emplean poco en obra gruesa por ser propensas á criar gusanos, pero bastante en puertas y ventanas.

El *haya* tiene mucho enlace en su fibra transversal distinguiéndose poco el duramen de la albura, y aunque análogo al roble y al castaño, su madera es diferente: recién cortada es blanca, pasando con el uso por el color rojizo hasta convertirse en gris rojizo claro y uniforme ó sea leonado claro; tiene unas pecas finas y prolongadas de un color oscuro parecido á ciertas simientes, que caracterizan esta madera. Se presta bien á la labra por ser bastante lisa y no muy dura, pero la más oscura se retuerce, alabea y resquebraja fácilmente, descomponiéndose cuando se expone alternativamente á la humedad y á la sequía. Se endurece considerablemente con el calor y en construcciones se emplea después de bien seca y completamente despojada de savia, siendo de gran duración sumergida en el agua.

El *fresno* presenta diferencias marcadas entre la albura y el duramen; da una madera dura, pesada, elástica, tenaz y fácil de trabajar al principio, pues es entonces blanda y flexible, quedando con el tiempo muy dura y rígida; es de color anacarado, blanco rosado, veteada en sentido de su longitud con tintas amarillentas ó de color pardo; es untuosa al tacto y parece satinada, se alabea bastante y es fácilmente atacada por la carcoma. Expuesta alternativamente á la sequía y á la humedad se pudre, pero resiste en sitios abrigados ó cubiertos de agua. Presta buenos servicios en maquinaria y cuando se necesitan vigas largas y flexibles.

418. ÁRBOLES RESINOSOS.—En estos árboles, la resina de que están impregnados, sale al exterior por medio de incisiones ó por el calor, constituyendo los productos llamados *pez* (que es la parte más impura), *betún vegetal ó brea* y la *esencia de trementina ó aguarrás*. La extracción de estas sustancias hace más dócil la madera á los instrumentos de carpintería aunque le quita duración cuando ha de estar expuesta á la humedad. Los nudos son abundantes en esta madera, lo que es un inconveniente para dichos usos.

Esta clase de madera es de gran duración y resistencia, proporciona piezas ligeras y de gran longitud; lo que unido á la gran abundancia que de ella tenemos en España y á la facilidad con que viene del Norte de Europa hacen que su uso esté muy extendido, tanto para obra gruesa como para carpintería de taller.

419. Se incluyen en esta clase las diferentes variedades del pino, el *pinabete*, el *pinsapo*, el *abeto*, el *alerce* y el *cedro del Líbano*.

El *pino montaña ó negro* proporciona la madera algo dura y poco resinosa, ligera, compacta y de grano fino y homogéneo: se presta á la raja y al pulimento y es blanda para la labra. Su albura es blanca y el duramen rojizo claro.

El *pino albar ó silvestre* es compacto y con pocos canales resinosos, tanto verticales como horizontales, siendo mejor el que se produce en el Norte: su albura, que se distingue bien del duramen, es de mala clase, blanca amarillenta ó blanca y su duramen, única parte útil en construcción, es rojizo, rojo ó rojo pardusco.

El *pino salgareño* da una madera abundante en resina, muy elástica y de duración: su albura, que se descompone con facilidad, es blanca rosada ocupando algunas veces hasta la mitad del diámetro del tronco; el duramen es rojo pardusco más ó menos intenso y surcado de canales resiníferos. Como madera de hilo y de sierra ocupa el primer lugar entre las de nuestros pinos la procedente de las sierras de Cuenca, Cazorla, Segura y Huescar; pero es inferior á la del pino silvestre la criada en Guadarrama, Soria, Segovia y algunos puntos del Nordeste de España.

El *pino rodeno*, denominado también *marítimo*, tiene la madera pesada, dura, de fibra gruesa y áspera, grano algo basto, poco elástica, con muchos canales resinosos, longitudinales y radiantes que aparecen como huecos rojo-parduscos, debido á la resina concreta que le sirve de carácter distintivo. La albura es blanca amarillenta y el duramen rojo claro ó rojo pardusco. En resistencia y elasticidad es inferior al pino silvestre.

El *pino carrasco* se presenta unas veces tortuoso y otras bien conformado: su madera es de mediana calidad, de color blanco teñido según la cantidad de resina que contiene, la cual le hace desmerecer para la sierra. Los troncos de regulares dimensiones sirven para viguería, aunque su uso más corriente es para hacer cajas de embalaje.

El *pino piñonero* es de fibra muy torcida é irregular y da una madera no muy resinosa, suave, ligera, de bastante resistencia á la humedad, fácilmente deformable y parecida en color y estructura al rodeno, aunque con menos canales y menos resina, lo que la hace menos pesada y menos compacta. Su color es blanco con viso amarillento ó algo rojizo.

El *pinabete* tiene sus fibras y radios sin canales resiníferos, con pocas celdillas y poca resina, sien-

do su olor apenas sensible: se raja fácilmente en la dirección de los círculos y no de los radios, exponiéndose por esto fácilmente al defecto llamado venteadura ó heladura. Es blanco y á veces con ligero tinte pardo-rojizo muy claro que no pasa al corazón, por lo que se distingue poco el duramen. La albura es fácilmente atacada por los insectos, pero la resistencia horizontal y la elasticidad de la madera son considerables aunque no debe exponérsela á la humedad ni á los cambios de calor y frío. Aunque inferior al pino, esta madera es muy usada en construcción por lo ventajoso de sus formas y grandes dimensiones y en carpintería por su blancura y limpieza.

El *pinsapo* da una madera bastante resinosa, no parece inferior á la del pinabete y se emplea con buen éxito en la construcción en las localidades donde se cría.

El *abeto* (que no se cría en España) es de una madera análoga á la del pinabete, distinguiéndose de él por los canales resiníferos radiales y longitudinales que le dan un ligero olor aromático. Tiene la fractura brillante y el tejido blando y ligero: su color es más blanco que en el pinabete, sin diferencia casi entre el duramen y la albura. Es de mala calidad la madera que es rojiza clara parecida á la del pino silvestre: el abeto rojo tiene un brillante veteado y es fácil de trabajar, no sucediendo lo mismo con el blanco, del cual además saltan los nudos con facilidad cuando está seco según se observa en los tablones que vienen del Norte de Europa. El abeto da buen resultado debajo del agua ó enterrado, pero no en edificios porque en ellos está sujeto á calentarse y á criar gusanos.

El *alerce* es un pino que viene del Adriático, tiene tantos canales resiníferos como el pino albar ó silvestre cuya duración iguala. Da la madera más dura de los de su especie, no se raja ni es atacada fácilmente por los insectos, es casi imperecedera debajo del agua con la que se endurece extraordinariamente y se usa mucho en tablonería y madera de sierra. La albura, que es poca, tiene un blanco amarillento, y el duramen un color pardo rojizo claro veteado de color más intenso.

El *cedro del Líbano* tiene bastante albura y la madera semejante á la del pinabete; es porosa, ligera, nudosa, de fibra corta y de grano fino, con celdillas resiníferas que la hacen olorosa con intensidad y persistencia. La albura es blanca, bien marcada y abundante; el duramen rojo, castaño ó pardo-amarillento con vetas. Es fácil de trabajar y susceptible de recibir pulimento, difícil de torcerse y alabearse, considerándose como incorruptible. El cedro del Himalaya tiene el grano más compacto y el denominado rojo de Virginia por su color, es más fácil de henderse por ser menos compacto.

420. ÁRBOLES DE MADERA BLANDA.— Por lo mismo que crecen con gran rapidez dan maderas de tejido blando y esponjoso semejante á la albura de ciertas maderas duras ó á la parte floja de las resinosas, siendo difícil distinguir en ellas tanto sus capas anuales como la diferencia entre su albura y la restante madera.

Son estas maderas ligeras y fáciles de trabajar pero de poca duración, por lo que no se usan sino en construcciones provisionales ó de poca importancia.

421. Entre los varios árboles que pueden clasificarse en este grupo se encuentran el *chopo*, el *álamo negro*, el *abedul*, el *arce*, el *plátano*, el *tilo*, el *sauce*, la *acacia*, el *aliso* y el *castaño* de Indias.

El *chopo* y su variedad el *álamo blanco*, es de tronco recto y cilíndrico y al contrario que sus congéneres tiene bien distinta la albura del duramen, si no por la calidad por el color, pues la primera es blanca ó blanca-amarillenta algo rojiza con un espesor de 10 á 15 $^c/_m$ y el segundo es rojizo claro, reluciente, sin nudos ni manchas medulares teniendo bien marcados los anillos anuales que son concéntricos y circulares. Esta madera es esponjosa, fácil de labrar y tanto más blanda, ligera y de escaso color ó blanca cuanto más fría es la comarca donde se cría, siendo además propensa á que sus anillos leñosos se separen por grietas, cuyo defecto es llamado *colaña ó acebolladura*. Por el contrario, en terrenos cálidos es de más densidad y color y no tiene defectos en el cuerpo leñoso.

El *álamo negro*, cuyo nombre se da en algunos puntos al olmo, tiene la madera dura, fibrosa, flexible, porosa, con anillos delgados bastante regulares y generalmente nudosas por lo mucho que ramifica este árbol: su color es blanco con venas negruzcas en el centro. Esta madera es más difícil de labrar y por esta causa menos estimada que la del chopo, aunque es de mejor calidad.

El *abedul* tiene el tronco recto sin diferencia entre la albura y el duramen y proporciona una madera de fibras rectas y compactas, ligera y muy elástica aunque medianamente dura; es de color blanco ligeramente rojo con espejuelos casi imper-

ceptibles y muy delicados. Es difícil de trabajar y expuesto á la intemperie se pudre completa y rápidamente por lo que se emplea poco á pesar de la propiedad que tiene de no ser atacada por los insectos: es bastante buena para debajo del agua.

El *arce sicomoro* y el *común* son entre las varias clases los mejores y presentan poca diferencia entre la albura y el duramen. El sicomoro es rara vez recto aunque cilíndrico, tiene fibra uniforme y elástica, testura bella y poco lustrosa y color blanco veteado. Es entre todos los arces el menos compacto y denso, y expuesta su madera á la intemperie se pudre fácilmente. Se emplea en carpintería y en ebanistería por ser fácil de trabajar. El arce común ó *campestre* da una madera más compacta, muy homogénea, pesada, dura y sumamente tenaz, de color blanco lustroso, ligeramente amarillo ó rojizo y con vetas oscuras ó teñidas de pardo en el corazón cuando el árbol es viejo: es fácil de pulimentar, no se agrietea ni deforma, ni es propensa á ser atacada por los insectos; por lo que se emplea en maquinaria, carpintería, ebanistería y otros usos.

El *plátano* es de tronco recto y cilíndrico, tiene poca albura y su madera es pesada, de fibras entrecruzadas y aunque menos dura es parecida al haya por su estructura, aspecto, cualidades y defectos, de color gris rojizo más oscuro con espejuelos pardos más anchos, numerosos é iguales: se conserva bien en el agua pero no al aire libre porque le atacan los gusanos, destinándose más bién á trabajos de ebanistería por su bella coloración y perfecto pulimento.

El *tilo* tiene el duramen y la albura iguales en calidad pero no en color: da una madera tierna, ligera, porosa, de grano igual y fino, de color uniforme blanco algo rojizo; es de fácil labra en todos sentidos, no le atacan los insectos ni se contrae ni deforma; pero es de corta duración por cuya causa se usa poco en carpintería, empleándose más bién en ebanistería.

El *sauce* tiene diferente la albura del duramen, no por la calidad sino por el color, aunque poco; la madera es esponjosa y blanda, unida, homogénea y ligera, de color blanco-rojizo ó amarillento-pálido, usándose poco en construcción y empleándose en objetos ligeros.

La *acacia* tiene bien distinta la albura del duramen, es de madera dura, unida, pesada y compacta pero quebradiza; presenta un color amarillo con un hermoso veteado pardo ó verdoso que con el pulimento le asemeja al raso; no se pudre ni al aire ni al agua y puede usarse en construcción en ambos elementos, aunque su destino principal es en ebanistería y carretería, en mangos de herramientas y en aros de cubas los brotes de tres á cuatro años.

El *aliso* presenta un carácter tan uniforme en su duramen y albura que no se distinguen uno de otro: da una madera bastante densa y dura, muy quebradiza, fácil de formar y de henderse; es de un color amarillo rojizo, con espejuelos anchos y largos y admite un hermoso pulimento. Tiene el defecto de pudrirse con facilidad cuando se la expone alternativamente á la humedad y á la sequía, siendo además fácilmente atacada por los insectos; dura tanto como el roble cuando está constantemente sumergida en el agua.

El *castaño de Indias* no presenta diferencia entre la albura y el duramen en cuanto se refiere á su calidad, pero sí en cuanto al color: es de madera blanda y quebradiza y de color blanco-amarillento, se alabea mucho y se emplea poco en construcción á pesar de que no la atacan los gusanos.

422. ÁRBOLES DE MADERA FINA.—Se clasifican en este grupo los árboles que proporcionan maderas duras y de brillantes colores ó que por su veteado ofrecen un bello aspecto con el pulimento, echándose mano no solamente de los troncos de los árboles sino también de las raices de algunos de ellos. Esta clase de madera se emplea casi exclusivamente en obras de taller de donde salen los muebles, las puertas y ventanas y los taraceados de suelos y paredes. Rara vez y solo cuando se quiere ostentar un gran lujo, se usan las maderas finas en la armazón de un edificio en España. Al tratar de las maderas, tanto duras como blandas, que pueden emplearse en construcción, se ha visto que algunas de ellas pueden admitir pulimento y emplearse por lo tanto en obras de ebanistería; tales son la encina, el olmo, el nogal, el pino negro, el cedro, el arce sicomoro y el campestre, el plátano, el tilo y la acacia; están además en este caso varias de las maderas que crían nuestras islas de América y Occeanía.

423. Circunscribiremos aquí el estudio de las maderas finas á las que (además de las anteriores) tienen como único destino en nuestra Península la ebanistería, ya por su escasez, ya por sus reducidas dimensiones. Son éstas: el *peral*, el *manzano*, el *ciruelo*, el *moral*, el *cerezo*, el *olivo*, el *almen-*

dro, el *agracejo*, el *arce de España*, el *acebo*, la *cornicabra*, el *peruétano*, el *serbal*, el *mostellar*, el *espino*, el *arrayan ó mirto*, el *enebro de la miera*, la *sabina suave*, el *tejo*, el *almez*, el *avellano*, el *boj*, el *madroño* y la *charneca* cuyas plantas todas se cultivan en España; incluiremos también en este párrafo las maderas exóticas que de antiguo vienen empleándose ó pueden emplearse como las anteriores y que son las siguientes: el *ébano*, el *alintatao*, el *camagón*, la *narra*, la *bolongita*, el *tíndalo*, el *malatapai ó mabolo*, el *granadillo*, la *jatia*, la *caoba*, el *palo santo*, el *de rosa*, el *del Brasil* y el de *Fernambuco ó Pernambuco*.

El *peral* tiene la albura blanquecina y rojo amarillenta la madera: su textura es compacta y fina y se hiende rara vez. Para emplearse debe estar perfectamente seca. El silvestre ó *peruétano* da una madera más dura y de tejido más compacto con un color amarillo venado de rojo y de negro.

El *manzano* presenta blanquecina la albura y blanco-rojiza la madera con vetas de reflejos rojos ó rojo pardos: tiene tejido fino, flexible y suave.

El *ciruelo* tiene bien marcada su albura que es poco gruesa siendo la madera dura y compacta, de colorido castaño claro con espejuelos muy visibles, venas rojas, amarillentas y de color de tabaco, sembrado de manchas de un rojo vivo. Para que no pierda su color se hierve en lejía de ceniza ó en agua de cal.

El *moral* da poca albura y la madera es amarillo-pardusca que luego se hace parda. Tiene la fibra muy tortuosa y es difícil por ello de trabajar.

El *cerezo* tiene su albura de poco grueso, la madera dura y compacta, veteada, con espejuelos poco marcados; es de un color amarillo rojizo el cual se hace más intenso ó castaño teniendo la madera en agua de cal por espacio de veinticuatro horas. El silvestre da madera más oscura, compacta y dura que el cultivado y admite mejor el pulimento. El guindo es más bello por sus nudos verdes matizados de venas blancas, rojas y pardas.

El *olivo*, lo mismo en su tronco que en sus raices, da una madera dura y compacta, de color leonado ó de avellana algo amarillenta ó aceitunada con vetas finas irregulares y entrelazadas, de color pardo negruzco en el corazón. Es de gran duración, sin duda por los principios aceitosos de que están empapados sus tejidos, los cuales forman un tamiz que resguarda la madera de la acción de los agentes atmosféricos.

El *almendro* da una madera muy dura, veteada y rosácea.

El *agracejo* es arbusto de pequeñas dimensiones y su madera es de color amarillo que á los veinte años tira á verdoso ó pardusco.

El *arce* de España tiene la madera más pesada, compacta y brillante que el sicomoro: su color es rosa claro ó blanco rojizo.

El *acebo* da una madera compacta, dura, pesada, muy homogénea, de color blanco amarillo ó verdoso con los anillos imperceptibles y sin diferencia entre el duramen y la albura.

El *terebinto ó cornicabra* da mucha albura y una madera de color pardo-castaño muy intenso y veteado en algunos.

El *serbal* es de albura blanquecina, da una madera sumamente dura, homogénea y compacta de un color rojo-pardusco. El denominado *de cazadores* tiene la madera rojiza, dura, coriácea y densa.

El *mostellar* es de madera dura, pesada, homogénea, de fácil labra, poco propensa á deformarse y contraerse y de color blanco rojizo frecuentemente matizado en su parte central con manchas más oscuras.

El *espino* tiene una madera dura, pesada y blanca ó algo rojiza con manchas medulares y nudos generalmente negros.

El *arrayan ó mirto* es arbusto que da madera muy pesada y dura, de grano fino y homogéneo, de color gris rojizo claro, sin diferenciarse la albura del duramen y muy parecida á la del peral.

El *enebro de la miera* es una conífera que tiene bastante albura y da la madera homogénea, de grano fino y color amarillo-pardo bastante claro con numerosos reflejos. Desprende un olor penetrante y persistente muy característico.

La *sabina suave* es un arbusto que tiene abundante albura de color blanco bien distinta del duramen que es de color pardo amarillo bastante intenso; tiene esta madera un olor desagradable y característico y un grano fino y tenaz.

El *tejo* es una conífera que tiene poca albura blanco amarillenta y da madera de grano muy fino y compacto, muy pesada, dura y homogénea, de color rojo castaño con vetas pardas, tomando con facilidad el color negro é imitando así al ébano con el cual se confunde después de teñida y pulimentada.

El *almez* presenta poca diferencia entre el duramen y la albura; la madera, que es pesada, muy elástica y flexible y parecida al fresno, tiene un co-

lor blanco agrisado, mate ó blanco rojizo, algo verdoso cuando se ha iniciado su descomposición.

El *avellano* es un arbusto cuya madera es dura y completamente blanca con algunos espejuelos anchos y altos.

El *boj* es otro arbusto de madera sumamente dura y compacta y jaspeada, de fondo amarillo, veteado con capas generalmente visibles algo rojizas. Por su dureza se emplea para resistir esfuerzos de compresión como los cojinetes.

El *madroño* da una madera de fácil labra aunque dura, pesada, muy compacta y homogénea, con albura poco marcada, rojiza casi como el duramen, que es de un color amarillo-rojizo uniforme.

El *lentisco ó charneca* tiene sus raices duras, de un color grosella con hermosas vetas curvas. Se trabaja bien en todos sentidos empleándose en chapear.

424. De las maderas de Filipinas se emplean en ebanistería, entre otras, las siguientes:

El *ébano*, que es negro algo manchado de amarillo ó blanco, de textura sólida y fina. El de Portugal tiene vetas amarillas muy vistosas.

El *alintatao*, de textura igual y suave, fibras alargadas y comprimidas, poros menudos y poco visibles y color rojizo manchado de negro.

El *camagon*, que es una variedad del anterior, y tiene textura sólida, fibras longitudinales comprimidas y poros alargados y estrechos; su color es rojo-amarillento, con grandes vetas ó manchas negras.

La *narra*, de textura sólida, fibras unidas, poros muy sensibles y color encarnado que llega hasta el rojo de sangre, confundiéndose algunas variedades con la caoba, pues tienen vetas más ó menos vistosas.

La *bolongita* tiene madera parecida al alintatao, de textura sólida y color rojo claro en unas variedades, y rojo oscuro regularmente manchado de negro en otras.

El *tindalo* es de textura sólida, fibras atravesadas diagonalmente y poros en sentido de las fibras; su color es rojo claro de tierra, que con el tiempo llega á ser enteramente negro, siendo unas veces de coloración uniforme y otras con fajas y vetas más oscuras. Dura mucho debajo del agua.

El *malatapai ó mabolo* es de textura muy fuerte y color rojo-amarillento con manchas negras ó amarillento con manchas pardo-negruzcas que aumentan con el tiempo hasta hacer negra toda la madera.

425. De la Isla de Cuba proceden las siguientes maderas finas:

El *granadillo*, cuya madera es áspera, dura y vidriosa y de color anaranjado muy oscuro.

El *ébano*, que es compacto, duro y vidrioso y de color negro.

La *jatia*, cuya madera es correosa.

El *palo santo*, que sale del guayaco, árbol torcido y resinoso, con olor suave y agradable, cuya madera es dura, pesada y de gran duración. Cuando el árbol es joven presenta un color claro veteado de rojo, cuyo fondo cambia con el tiempo en pardo oscuro sucio con el mismo veteado rojo.

La *caoba*, madera dura, compacta y de grano fino, y de un color amarillento al principio y castaño ó rojo más ó menos subido con el tiempo.

426. Además de la caoba de Cuba se extraen otras de Haiti, África y Honduras. La de la isla de Haiti tiene color más vivo y fibras más finas que la de Cuba; la de África presenta un color vinoso y es de peor trabajo, y la del centro de América ó de Honduras es de color más claro.

América nos proporciona también el *palo de rosa*, cuya madera es pesada, olorosa y de color castaño oscuro ó rojo con manchas negras, la cual oscurece mucho con el barniz; el *palo del Brasil*, de madera dura y compacta y color encendido como de brasas, cuyo uso principal es teñir de encarnado, y el *palo de Pernambuco* ó Fernambuco, cuya madera es también dura, de grano fino y de color de rosa.

427. MADERAS DE FILIPINAS. — Entre las muchas clases que con abundancia crían estas islas, se encuentran las siguientes:

El *alupag ó alopai*, de textura fuerte y fina, con fibras ondeadas y poros poco sensibles; su color es amarillento y se emplea en postes.

El *molave*, de textura fuerte, compacta, fina y homogénea, fibras comprimidas y poros poco aparentes ó casi imperceptibles; despide á veces un olor ácido, siendo otras inodoro, y tiene color amarillo verdoso ó ceniciento, tiñendo de amarillo el agua. Se emplea como madera de hilo y de sierra para armazón y carpintería de taller, lo mismo á la intemperie que sumergido en agua, y cuando se empotra en mortero de cal, da á éste un tinte amarillento. Se considera como la mejor madera.

El *acre* es de textura compacta, con poros poco visibles y fibra ondulada, teniendo un color rojo oscuro apagado. Se usa en construcción.

El *camayuan* tiene la textura fuerte y suave,

poros apenas visibles y fibras longitudinales comprimidas; su color es rojo morado y se emplea bastante en construcción.

El *ipil* es de textura fuerte, fibra transversal comprimida, poros alargados muy visibles, presentando en su sección longitudinal una especie de grietas curvas; exhala un olor grato poco pronunciado y tiene un color rojo oscuro ó amarillo de ocre, que aumenta su intensidad con el tiempo. Es muy apreciada, especialmente para viguería y para los mismos usos que el molave.

La *supa* es madera parecida á la del ipil, y la sustituye aunque es de peor calidad, distinguiéndose del ipil en que éste tiene los poros uniformemente repartidos, lo que no sucede con la supa; en ésta, los radios medulares son finos y más aparentes que en el ipil, y su color, que es amarillo de ocre sucio, suele estar surcado por vetas estrechas pardo-oscuras, mientras que en el ipil el color es uniforme. En la supa, el color amarillento pasa con el tiempo á pardo-amarillento, presentando á veces tintas rojas.

El *yacal* es de textura sólida y fina y color amarillo terroso, empleándose en armaduras.

El *dongón* tiene textura sólida, compacta, con fibras comprimidas y atravesadas ó entrelazadas y pocos poros; da un olor á cuero curtido y su color es rojo amoratado. Es correosa, difícil de labrar, pero de gran duración debajo del agua, usándose mucho en donde deba sufrir grandes esfuerzos y requiera poca labra.

El *calamansanay* es de textura fuerte y fibras comprimidas, teniendo el color rojizo. Se emplea en tablazón y en pisos.

El *panao, malapajo* ó *balao* es de madera dura y textura varia, según el color; la que lo tiene morado tirando á rojizo algo claro ó amarillento rojizo es fuerte, y la que lo presenta blanco rojizo ó amarillento ó ceniciento verdoso con manchas cenicientas es floja. Es, en general, poco porosa esta madera, algo compacta y fibrosa. De la resina fluida y olorosa que despide, se saca un aceite llamado balao, que preserva la madera del anay y sirve también para pintura. Tiene en construcción el mismo uso que el molave, aunque no da tan buenos resultados.

El *guijo* tiene las fibras ondeadas, fuertes y correosas, con un color rojizo claro, siendo muy apreciada en construcciones.

El *aninabla* ó *aninapla* es madera floja, de textura algo áspera, fibras longitudinales y color rojizo, que cuando envejece se hace negro. Se emplea en edificios y es de mucha duración.

El *malacintud* tiene su textura sólida, las fibras longitudinales y ondeadas, comprimidas y atravesadas, con poros más ó menos alargados; su color es rojo y se puede usar en toda clase de construcción, especialmente en las que hayan de sufrir tensión.

El *banaba* es de dos clases: una roja y otra blanca; la primera es de color rojo apagado ó blanco rojizo, con poros alargados y cortos, que presentan pequeñas grietas con fibras longitudinales y comprimidas; la clase blanca es de textura más gruesa que la anterior y de peor calidad. Tanto una como otra resisten bien á la intemperie y bajo el agua, lo que unido á su tenacidad las hacen muy apreciadas para toda clase de obras.

El *ambogues* ó *amoguis* es de textura medianamente compacta, presenta poros y grietas de diferentes tamaños, con fibras alargadas, radios medulares principales bien marcados y apenas visibles los secundarios; su color es rojo apagado, rojo claro ó rojo de carne. Le ataca mucho el anay ó comejen, y recién labrada exhala un olor desagradable. Se usa mucho en tablazón.

El *calumpit* tiene la madera de textura floja, fibra longitudinal un tanto vidriosa y presenta color amarillo sucio manchado de porciones cenicientas. Sirve para edificar, especialmente donde haya de sufrir tensiones en sentido de las fibras.

El *malabugat* es de textura fuerte, fibras ondeadas y comprimidas y poros punteados blancos en un fondo rojo morado. Se emplea en construcción, especialmente para sufrir tensiones ó soportar presiones en sentido de las fibras.

El *antipolo* tiene madera ligera y de textura estoposa con poros muy marcados; su color es vario, aunque siempre de tintas amarillentas, desde el pajizo y amarillo de canario hasta el dorado tostado y pardusco, con manchas blanquecinas muchas veces. Se emplea en viguería y tablazón.

El *bancal* es de textura algo estoposa, tenaz y dura, fibra longitudinal, color amarillo de oro y amarillo verdoso. Es apreciada por su duración en pisos y armaduras.

El *mangachapuy* ó *guison-dilao* es de madera parecida á la del guijo, con el que se confunde; tiene textura compacta, fibras comprimidas y poros longitudinales; su color es amarillo ceniciento. Es in-

corruptible debajo del agua y se sacan de este árbol hermosos tablones.

El *pototan ó bacao* tiene textura fuerte, poros poco perceptibles y color rojizo, empleándose como pilotes, por resistir bien en el agua.

El *tangang* es parecido al anterior por sus propiedades y condiciones; tiene textura regularmente fuerte y color rojo muy claro. Se usa en armaduras y es incorruptible debajo del agua.

428. MADERAS DE CUBA.—Entre las que esta isla produce, están las siguientes, que se describen por el orden de su mayor resistencia á la flexión:

El *ácana* da madera dura, compacta, poco elástica, de color morado recién cortada y muy oscuro cuando vieja. Se emplea en vigas, tirantes, etc.

El *cucullo* es de madera dura, compacta y algo elástica, de color morado claro veteado de negro, blanco y otros colores algo oscuros que la hacen de agradable aspecto. Puede usarse en donde haya de resistir á la tracción.

El *almendro* tiene la madera dura, compacta y elástica y de color amarillento. Se emplea en soleras y vigas.

El *balsamo* tiene madera dura, compacta y correosa y de color blanco amarillento. Su uso es en vigas y viguetas, siendo excelente para obras debajo del agua.

El *guama de costa* da madera dura y compacta, y de color ocroso con pintas negras. Se emplea en construcciones dentro y fuera del agua.

El *dagame* es duro, compacto, elástico y de textura áspera; su color es agrisado-pardusco y su uso común es en vigas y tirantes.

El *cuero duro* tiene madera dura y compacta y de color ceniciento. Se usa en soleras, péndolas, etc.

El *guamaca* es duro y compacto y de color blanco amarillento. Se usa en construcción de pequeños edificios.

El *cuya* tiene la madera dura, elástica, de color parecido al ácana, con sabor algo salobre, principalmente en tiempo húmedo, y se emplea ventajosamente en obras debajo del agua salada y aun bajo tierra.

El *maboa* es de madera poco fuerte, compacta y elástica y de color ceniciento que oscurece en el corazón. Se emplea en entramados, soleras, vigas, etcétera.

El *roble* tiene la madera compacta, poco elástica y de color amarillento. Ataca al árbol un insecto de que es difícil preservarle después de cortado si no se le trabaja inmediatamente.

La *majagua de Cuba* da madera fuerte, compacta, poco elástica y de color amarillento con vetas moradas. Se emplea en soleras y otras piezas.

La *majagua azul* tiene la madera correosa y de buena labra y de color azul verdoso con manchas azul-oscuras. Se emplea en construcción de edificios.

El *carbonero* es de madera dura, compacta, recia, correosa y de color blanquecino. Se emplea generalmente sin labrar ó redonda, siendo buena para debajo de tierra.

El *jiqui de ley* tiene la madera dura, compacta y de color morado oscuro veteado de negro. Puede usarse en construcción.

El *mangle negro* es de madera dura, compacta, algo vidriosa y de color pardo oscuro. Es buena para obras hidráulicas.

El *cedro* tiene la madera blanda y porosa, de color rosa más ó menos claro y con olor agradable. Es fácil de labrar y se emplea en construcción y en ebanistería.

El *yamaqués* da madera recia, dura, compacta, vidriosa y de color pardo oscuro. Se emplea en durmientes y postes.

El *caguanis* es duro, algo vidrioso, de color amarillo tostado claro y se usa en durmientes, soleras, vigas y tablazón, al abrigo de la intemperie, pues al aire libre cría un insecto que engruesa mucho y la pierde.

El *guayacán negro* tiene madera dura, vidriosa y de color pardo oscuro con vetas claras. En vez de virutas suelta serrín al cepillarla y suele rechazar el clavo. Se usa en varias construcciones, especialmente debajo del agua.

El *caquirán ó quiebra-hacha*, su madera es dura, vidriosa y de color morado claro veteada de igual tinta oscura. Se aplica generalmente para pilotage y obras debajo del agua.

429. MADERAS DE VARIOS PAISES.—De Virginia (Estados-Unidos) se exportan para Europa y América: el *roble blanco*, cuyo duramen es más abundante que en otros congéneres, su textura es parecida á la del castaño y el color es amarillo; el *roble rojo*, que es blando, poroso y casi sin duramen, pero notable por el veteado rojo de su madera; el *olmo*, que se parece bastante al común, aunque en grado inferior; el *pino rojo* del Canadá, que tiene la madera bastante pesada, muy resinosa

y de muy buena clase y el de Mobila, que se exporta en tablones. El *guayamo ó guayacán*, es una madera preciosa, de un moreno ligeramente veteado de amarillo, que procede de la América del Sur. Es madera muy dura y resistente y de una gran tenacidad.

Están, además, el *roble* de Sierra Leona (África), parecido á la teca, y cuya madera es compacta, dura, pesada y de gran duración; el *pino rojo* de Escocia, que es madera muy estimada en construcción, y el *pino* de Lord Weymouth, cuya madera es blanda y rígida, bastante nudosa, pero resistente y poco propensa á deformarse.

De las Indias Orientales procede el *teca yate* ó *calayate*, que es una madera muy compacta, dura y pesada, de color parecido al del roble, amarillo verdoso recién cortada y pardo muy oscuro cuando se expone á la acción del aire, siendo tanto más apreciada cuanto más oscura es la madera. Es muy untuosa al tacto por estar impregnada de una sustancia resinosa que previene la oxidación del hierro puesto en su contacto; es resistente, de gran duración, no la atacan los insectos y resiste á las alternativas de humedad y calor, debido á la obstrucción de sus canales y á la existencia en ellos de gran cantidad de aceite esencial: se la considera como incorruptible. No tiene nudos y es fácil de trabajar.

ARTÍCULO II

Extracción y preparación de la madera para las obras y medios de preservarla.

430. ELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES.—Teniendo presente que el tejido que se forma en la primavera es menos compacto que el de otoño, la madera será tanto mejor cuanto mayor sea este último. En las coníferas, el anillo de otoño es de un grueso constante y el de primavera variable, y debe buscarse la madera en que éste sea el menor posible, es decir, se preferirá aquella cuyas capas sean más delgadas. En el roble sucede lo contrario, porque el anillo de primavera es el constante y el de otoño el variable; de modo que siendo éste más compacto, cuanto más haya de él mejor será la madera, y debe buscarse, por lo tanto, la que tenga los anillos más anchos.

La calidad del suelo donde los árboles se crían, el clima y los vientos, influyen considerablemente en la calidad de la madera. Un terreno pantanoso no da más que madera blanda y esponjosa, y uno pedregoso y de tierra magra, que se oponga á un progreso fácil en las raíces, da maderas de poco grueso y longitud, rudas, nudosas y difíciles de trabajar. Por el contrario, un terreno fresco y de buena calidad produce árboles de hermosa corteza y poca albura, y por lo tanto, buena madera.

Para vigas y tablazón se escogen maderas de bosques espesos y sombríos, donde los árboles se elevan buscando el sol y carecen de nudos y sinuosidades. Lo contrario sucede en bosques claros, en los cuales los árboles toman toda clase de direcciones y las maderas resultan curvas, aunque buenas.

431. CORTA Ó APEO DE LOS ÁRBOLES.—La corta de los árboles se verifica por su pie con el hacha ó la sierra, sea á mano sea mecánicamente; algunas veces hasta se arranca con sus raíces.

Aunque no están muy conformes los naturalistas sobre la época en que conviene hacer esta operación, puede sin embargo decirse, que generalmente aconsejan se haga á fines de otoño ó durante el invierno, en cuyo tiempo está suspendida la circulación de la savia y no hay por lo tanto tantas sustancias susceptibles de putrefacción. Las coníferas, en general, nò requieren, como las especies frondosas, la extricta observancia de esta regla, y también se cortan en verano.

432. El árbol se fija al terreno con una cuerda que se ata á la copa y se atiranta por donde se quiere que caiga; por este lado se practica con el hacha una entalladura en el tronco á fin de evitar que al caer salte alguna astilla ó se produzca algún desgarre. También se emplea la sierra de dientes, tanto más pequeños cuanto mayor sea la dureza de la madera. En Santander se da al corte la forma de huso, para que resulte en el tocón una cavidad cónica, donde reteniéndose el agua de lluvia, se favorece la pudrición del mismo en beneficio del monte, pues además de ser un abono impide que la cepa se conserve verde y eche retoños. De todos modos, se tiene cuidado de profundizar las entalladuras hasta el corazón, porque cuando no se hace esto sucede á veces que se desprende alguna astilla, la cual queda unida al tocón.

El apeo de los árboles se hace también con la sierra Ransome, que es de hoja recta y acción directa del vapor, la cual funciona en cualquier posi-

ción. Consiste en un cilindro de vapor que está fijo en una base de fundición y tiene la sierra unida al émbolo y dirigida por dos guías. La base se prolonga por el lado anterior y termina en dos puntas que se introducen en el árbol, fijando la máquina por medio de una cadena que rodea el tronco.

433. Derribado el árbol, se le deja una semana ó un mes en el suelo para que se seque, al cabo de cuyo tiempo se le despoja de las ramas y se le descorteza groseramente, dividiéndolo en troncos por medio de la sierra ó del hacha. El descortezado debe ser inmediato cuando se trata de árboles resinosos, porque de otra manera se halla la madera expuesta á ser picada por los gusanos. El tronco preparado de este modo, es decir descortezado, se llama *rollo ó madera en bruto.*

434. RAJADO DE LA MADERA.—Cuando los rollos se quieren hender en sentido del hilo de la madera, se hace uso de las cuñas de hierro ó de madera dura, introduciéndolas por medio de un mazo, en un corte dado con el hacha; lo cual debe hacerse por dos lados á la vez. En algunos casos, podrá asegurarse de la dirección abriendo barrenos que penetren hasta el corazón. También pueden emplearse para este efecto barrenos de pólvora hechos en la dirección de las fibras en que se desea abrir el tronco, tapando entonces la carga con una cabilla que se aprieta fuertemente con un martillo. Los barrenos se ponen todos en comunicación por medio de un reguero de pólvora, para que la acción sea á la vez en todos.

435. DESECACIÓN DE LA MADERA.—La madera debe emplearse seca, es decir, desprovista de la sávia y humedad que tiene en el árbol. Al primer año de cortado el árbol pierde gran parte de la savia, la cual sale generalmente por los extremos del rollo. Después es lenta la segregación del agua, tal vez porque se cierran los poros de las extremidades al secarse. Dícese que los tablones de pino se secan completamente á los tres años, los de roble de 10 $^c/_m$ de grueso á los cuatro, las piezas de roble de 40 $^c/_m$ de escuadría á los diez y las de mayor sección á los quince y aún á los veinte años. Sin embargo, las observaciones hechas por Aubuisson en varias clases de maderas para averiguar el tiempo que tardan en perder la humedad, indican que al cabo de un año de cortado el árbol está ya casi completamente seca la madera.

436. Para conseguir esta desecación son diferentes los medios que se proponen y practican. Hay quien descorteza los árboles en pie y los deja así durante un año antes de cortarlos. En Francia, la administración forestal exige que antes de apear los árboles se les corten las ramas madres, y en Cataluña se dejan los troncos con sus ramas y hojas algún tiempo después de cortados para que atraigan la savia. También hay quien opina que los árboles desramados deben dejarse en el monte durante el invierno, cuando el cepeo se hace en el otoño, para que la savia vaya saliendo gradualmente y se eviten las fendas de sequedad, y Rondelet recomienda tener los rollos derechos algún tiempo después de cortados, con objeto de que salga por sí misma una parte de los líquidos que contienen.

El medio que proponen algunos de sumergir completamente en agua los troncos, tiene el inconveniente de que, siendo igual la presión del líquido en los dos extremos del tronco, no puede salir la savia; y el desecamiento al fuego ó por medio del vapor que igualmente aconsejan otros, hace las maderas quebradizas quitándoles sus propiedades físicas características, como la coloración, y adquirir en cambio la facilidad de absorber la humedad con avidez; además se agrietean al secarse.

De lo expuesto se deduce que la desecación debe ser lenta con objeto de que la madera no se hienda y pierda sus propiedades. A este fin, se apila por capas horizontales dejando huecos intermedios y de modo que se crucen unas capas á otras perpendicularmente, cubriendo últimamente la pila con tablas ú otro material dispuesto en pendiente para resguardarla de las lluvias. En esta situación se deben tener hasta que se desprenda la corteza, en cuyo caso se rehace la pila en sentido inverso, es decir, colocando abajo los rollos que estaban encima y viceversa.

Un procedimiento muy seguido y casi obligado para la explotación de los montes en nuestro país donde los ríos son los únicos medios en ciertos puntos y los más baratos en otros para el transporte de la madera, es el mantenerla á flote en dichas corrientes durante algún tiempo y conducirla de este modo á los puntos de venta ó de consumo ya en piezas sueltas ya formando almadías. De esta manera se disuelven ciertos componentes de la savia desecándose después más rápidamente. La inmersión en agua de mar que se practica en los arsenales surte el mismo efecto aunque impregna la madera de sales delicuescentes perjudiciales en la construcción de edificios. En todos casos, antes de

emplear la madera hay que dejarla secar completamente.

437. ESCUADRADO DE LA MADERA.— Los maderos *rollizos ó redondos* pueden *escuadrarse ó cuadrarse*, es decir, adquirir la forma de paralepípedo rectangular quitándoles la parte curva, empleando para ello la sierra ó el hacha.

Para conocer la escuadría que puede tener un madero en rollo después de su labra, se multiplica su diámetro (deducido el grueso de la albura) por 0,82 cuyo producto dará el lado de la escuadría. Este cálculo se aplica al medio y extremo menor del tronco y si se quiere madera de duramen solamente, dicho coeficiente se reduce á 0,71.

Para quitar á los troncos la parte curva se traza en la extremidad más delgada de los mismos el mayor rectángulo que pueda inscribirse en ella haciendo otro igual, dispuesto de una manera semejante en el otro extremo y se tiran líneas entre los vértices de las dos bases por medio de cordeles impregnados de almazarrón ó de cualquiera otro color para lo que no hay que hacer más que ponerlos tirantes sujetándolos por sus extremos, levantarlos por el centro y soltarlos de pronto.

438. Preparado así el tronco, para escuadrar con el hacha se sujeta aquél sobre piezas de madera y se practican cortes transversales hasta el plano que limitan las líneas marcadas por los cordeles; después es fácil hacer saltar en astillas la parte comprendida entre estos cortes.

Para escuadrar con la sierra, se coloca el tronco sobre dos borriquetes y se da á la sierra el movimiento de vaivén por dos ó tres operarios, uno de ellos colocado encima del tronco y los otros debajo. Por este método se obtienen unos suplementos curvos llamados *costaneros* llevando esta ventaja al hacha que los reduce á astillas sin más aprovechamiento que el fuego. El tronco escuadrado se asierra después en otros sentidos para sacar piezas acomodadas á las medidas que exige el comercio en cada localidad. La parte de una viga ó madero que queda con corteza por estar mal escuadrado se llama *jema*.

La sierra que se emplea en estas primeras operaciones llamada *abrazadera*, es de grandes dimensiones y tiene la hoja en el medio de un bastidor de madera. Se usa también la denominada *serrucho* que consta de una hoja ancha de sierra con una manija ó empuñadura en cada extremo.

Las sierras, ó mejor dicho los dientes, se afilan con frecuencia empleando para ello una lima triangular (triángulo) y para evitar que la hoja roce por sus costados haciendo difícil el trabajo, se *traban* los dientes, es decir, se tuercen un poco unos á un lado y otros á otro con lo que se hace más ancha la cortadura ó hendidura y los dientes muerden más libremente la madera. A esta operación se llama *dar camino* á la sierra. Se facilita además el trabajo al aserrador introduciendo en la parte aserrada una cuña de madera dura que avanza detrás de la sierra abriendo la cortadura.

439. MÁQUINAS DE ASERRAR.—Además de la sierra abrazadera manejada por hombres, están las *de agua* que obran por medio de una máquina impelida por la corriente del agua y las *de vapor*, en que éste es el motor. Se ha aplicado también una corriente eléctrica valiéndose de un alambre de platino en vez de sierra, el cual se pone incandescente y deja carbonizada la superficie de la sección cortada sin producir serrín.

Las máquinas de aserrar son sierras sin fin, circulares ó semejantes á las empleadas por el hombre.

La *sierra sin fin* consta de una cinta metálica con dientes de poca salida en uno de sus lados cuya cinta se arrolla sobre las gargantas de dos poleas distantes lo suficiente para que tenga la tensión necesaria. Las poleas están guarnecidas de cautchouc para resguardar los dientes del roce con el metal de aquéllas. La madera avanza impulsada por cilindros estriados que la conducen y guían.

Las *sierras circulares* consisten en láminas delgadas de acero de forma circular *(a)* en cuya circunferencia están los dientes y á las que se imprime un movimiento bastante vivo. A la altura de su eje se coloca la madera, que según se va aserrando avanza suavemente por medio de un piñón el cual engrana en una cremallera ó barra dentada que tiene el bastidor ó carro sobre el que está sujeta la viga. Si el radio de la sierra es menor que el grueso del madero, se hace la operación en dos veces, aserrando en la primera hasta un poco más de la mitad y volviendo después la viga para aserrar la otra. En algunas máquinas se evita esto colocando dos sierras una sobre otra en un mismo plano de sierra pero no en la misma línea vertical los ejes, para que no se tropiecen sus dientes.

Las sierras mecánicas de hojas rectas están sujetas á un marco como en la sierra de piedra *(figu-*

(a) El diámetro de estas sierras llega hasta $1^{m}20$.

ra 19), marchando por unas correderas verticales en su movimiento vertical de vaivén. La madera está colocada lo mismo que en las sierras circulares sobre una armadura que avanza del mismo modo. La sierra es también horizontal y el madero asciende según se va aserrando en hojas, tablas ó chapas.

440. MÉTODOS DE TRAZAR LOS CORTES DE LA MADERA.—Con el objeto de aprovechar mejor un tronco para hacer tablazón, se han ideado varios métodos buscando á la vez que su producto sea mayor y que cada pieza se halle en las mejores condiciones.

Esta última circunstancia exige que cada tabla tenga sus caras paralelas á los radios medulares como la *aa (fig. 164)*, ó que éstos se hallen distribuidos á derecha é izquierda como en las de la *figura 165;* pues en este caso, el tejido que tapiza estos radios, que es la parte más fácil de dilatarse ó contraerse, está repartido por igual á ambos lados y las variaciones se efectuan en sentido del grueso, que es el menos importante; evitándose el alabeo ó combeo que resulta á las demás tablas *cc, dd (fig. 164)*, que toman las formas *c'c', d'd'* por tener cortados más radios por un lado que por otro. El sistema radial *(fig. 165)*, si bien presenta ventajas en cuanto á la bondad de las tablas, exige un gran trabajo y desperdicio de madera para darle una sección rectangular ó de grueso uniforme, por cuya circunstancia rara vez se emplea.

Otros varios métodos están indicados en las *figuras 166 á 168*, pero lo más general es el indicado en la *fig. 164*.

Algunas veces también se sierra la madera en sentido normal ú oblícuo á las fibras, pero esto sucede solo en ebanistería cuando se quiere obtener de un dibujo variado en el corte, que entonces se llama *vetisegado*.

441. DENOMINACIÓN DE LA MADERA.—Como resultado de las operaciones que hasta aquí se han descrito, el comercio presenta la madera redonda ó sea en rollos, escuadrada simplemente con el hacha, en cuyo caso se llama madera *de hilo*, ó aserradas en piezas de más ó menos grueso tomando entonces el nombre de madera de *sierra ó serradiza*.

En toda pieza escuadrada, se llama *tabla* su cara más ancha y *canto* la menor: el conjunto de las dos constituye su *escuadría*, la cual se expresa por medio de un producto ó de un quebrado. Por ejemplo: de una pieza cuyas dimensiones en sección transversal son 22 $^c/_m$ de tabla por 16 $^c/_m$ de canto se dice que tiene una escuadría de 22×16 $^c/_m$ y tambien $\frac{22}{16}$ $^c/_m$.

442. Diferentes denominaciones se dan á las maderas según es su longitud, su volumen ó su grueso, formando conjuntos de tipos que se llaman *marcos*, arreglados en cada provincia y aún en cada localidad productora con un criterio tan distinto que los mismos nombres se aplican á diversos tipos, por lo que creemos excusada su detallada exposición. Observemos, sin embargo, que antes de proyectar una obra deben conocerse las dimensiones de las maderas que se usan ó son fáciles de adquirir en el lugar donde se haya de edificar para adaptarse á ellas, á no ser que la índole ó importancia de la obra consientan omitir esta circunstancia y obrar con entera libertad.

Generalmente los constructores denominan hoy la madera por el destino que ha de tener, fijando su escuadría y longitud al mismo tiempo. Puede hacerse una clasificación en las siguientes agrupaciones:

Madera rolliza.
- Grandes rollos: los que tienen más de 35 $^c/_m$ de diámetro.
- Rollos: los que no llegan á esta medida y tienen más de 10 $^c/_m$ y menos de 35 $^c/_m$.
- Palos: los que son más delgados de 10 $^c/_m$.

Madera de hilo ó de sierra.
- Grandes vigas: las piezas escuadradas cuyo canto es de más de 30 $^c/_m$.
- Vigas: las qne tienen de 30 $^c/_m$ á 21.
- Viguetas: las comprendidas entre 20 $^c/_m$ y 10.

Madera serradiza.
- Ristreles: listones gruesos de 8 á 10 $^c/_m$ de escuadría.
- Listones: cuando tienen de 4 á 8 $^c/_m$.
- Listoncillos: si tienen menos de 4 $^c/_m$.
- Tablones: las piezas cuyo ancho es de más de 20 $^c/_m$ y su grueso es mayor de 3 $^c/_m$.
- Tabloncillos: medios tablones.
- Tablas: las que tienen un grueso de 2 $^c/_m$ á 3.
- Chillas ó ripias: las que lo tienen menor de 2 $^c/_m$.
- Chapas, placas: las aserradas en láminas delgadas de 1 á 3 milímetros.

443. PROPIEDADES DE LA MADERA.— Además de lo que se ha dicho al tratar de los árboles (414) conviene advertir que la madera cuyo duramen se distingue bien de la albura, goza de la propiedad de que cuanto mejor sea el primero peor es la albura; así se observa que en el roble y los pinos cuyo duramen es excelente madera, la albura es de muy mala calidad; y la albura del pinabete, del abeto y de los álamos puede aplicarse como su duramen siendo esta albura mejor que la de los robles y pinos, bajo el punto de vista de su duración.

Las maderas son *elásticas*, es decir, que tienen la propiedad de recobrar la forma primitiva cuando cesa la fuerza que la modifica. La madera pesada suele ser la más elástica, y la que reune en alto grado esta propiedad es el tejo y la siguen el ébano, el carpe, el arce, la acacia de flor, el tilo, el chopo, el abedul, el roble, el haya, el olmo, el nogal, el pinabete, el pino, el ailanto, el alerce, el aliso, el abeto y el fresno.

También la madera tiene *flexibilidad* ó sea facilidad de encorvarse sin romperse ni perder su cohesión. Con el calor y la humedad adquieren esta propiedad varias clases: las ramas de almez, alerce, sauce, abedul, avellano, castaño y pinabete son muy flexibles así como los tallos de olmo, roble joven, fresno, carpe, sauce, pinabete, abedul y temblón.

El calor y la humedad producen en la madera contracciones y dilataciones que pueden ocasionar algunas veces la destrucción de sus uniones ó ensamblajes. Se ha observado que estas variaciones ocurren principalmente en el sentido de su grueso, siendo muy poco en el de la longitud. Lavé ha encontrado que las maderas desecadas, al sumergirlas en agua, se dilatan en las cantidades siguientes:

CLASES	DILATACIÓN LINEAL POR 100 METROS EN LA DIMENSIÓN		
	Longitudinal	Radial	Periférica
Acacia	$0^{m}035$	$3^{m}84$	$8^{m}52$
Arce	$0^{m}072$	$3^{m}35$	$6^{m}59$
Manzano	$0^{m}109$	$3^{m}00$	$7^{m}39$
Abedul	$0^{m}222$	$3^{m}86$	$9^{m}30$
Peral	$0^{m}228$	$3^{m}94$	$12^{m}70$
Haya purpúrea	$0^{m}200$	$5^{m}03$	$8^{m}06$
Haya	$0^{m}400$	$6^{m}66$	$10^{m}90$
Boj	$0^{m}026$	$6^{m}02$	$10^{m}20$
Cedro	$0^{m}017$	$1^{m}30$	$3^{m}38$
Limonero	$0^{m}154$	$2^{m}18$	$4^{m}51$
Ébano	$0^{m}010$	$2^{m}13$	$4^{m}07$
Roble joven	$0^{m}400$	$3^{m}90$	$7^{m}55$
Roble viejo	$0^{m}130$	$3^{m}13$	$7^{m}78$
Fresno joven	$0^{m}821$	$4^{m}05$	$6^{m}56$
Fresno viejo	$0^{m}187$	$3^{m}84$	$7^{m}02$
Pinabete	$0^{m}076$	$2^{m}41$	$6^{m}18$

Efecto de la contracción desigual es el *alabeo* que toman algunas veces las maderas cuando las fibras no presentan igual compacidad, pues disminuyen desigualmente de volumen. El roble y el tilo, cuyo tejido es muy uniforme, no suele deformarse. Se evita en parte este cambio de forma haciendo secar la madera en sitios abrigados de luz y calor y sin corrientes de aire. También la pintura lo evita impidiendo que la humedad penetre la madera y que luego se contraiga al secarse.

444. En las maderas resinosas, la extracción de esta sustancia facilita su labra pero destruye el enlace de sus fibras, la flexibilidad y la resistencia, quitándoles la incorruptibilidad que dicha resina les da para debajo del agua. Pueden pues emplearse sangradas en obras no expuestas á la humedad y especialmente en carpintería de taller en la que la resina, además de dificultar la labra, la ensucia cuando sufre los ardores del sol porque éste hace afluir la resina al exterior afeando su aspecto. En obras importantes y especialmente si han de sufrir la humedad, debe tenerse muy en cuenta si la madera tiene ó no resina para exigirla ó darle las dimensiones convenientes.

445. Las maderas sumergidas se pudren difícilmente; el sáuce y el tilo pierden á lo más su cohesión; el pino, el alerce y el haya resisten largo tiempo, así como el roble y el aliso, que pueden considerarse como indestructibles.

Enterrada en parte la madera, es decir, hincada, se ha podrido á los 5 años el haya, el carpe, el abedul blanco, el aliso común y el blanco, el álamo negro, el temblón, el chopo de Italia, todos los sauces, el castaño de Indias, el arce, el de hojas de fresno, el plátano y el álamo blanco; á los 8 años el arce campestre, el arce sicomoro, el olmo, el abedul negro, el fresno y el serbal de cazadores; á los 10 años el roble, el pino silvestre, el pinabete

y el abeto tenían dañada la albura solamente, y en el mismo tiempo tenían intactos el duramen y la albura la acacia, el alerce, el pino cembro y salgareño, el thuya de Occidente y el enebro de Virginia.

Por efecto de las alternativas de calor, frío y humedad disminuye la duración de las maderas descomponiéndose hasta la putrefacción; exhalan en este caso un olor desagradable y presentan manchas que con el tiempo las reducen á una sustancia oscura y pulverulenta. La madera que mejor resiste estos cambios es la que tiene los tejidos más compactos ó presenta canales resiníferos, por lo que las coníferas, el roble y el olmo están poco expuestas á alterarse. Pfeil ha consignado en el siguiente estado los años que tardan en descomponerse.

	Al aire libre	En sitio húmedo	En sitio muy seco
Duramen de roble	100	100	100
Idem de olmo	90	90	100
Alerce	85	80	95
Madera vieja de pino resinoso.	85	80	90
Madera de pino joven	60	70	60
Abeto del Norte	75	50	75
Fresno	64	»	»
Haya	60	70	40
Arce	60	70	40
Carpe	60	70	40
Temblón	50	»	95
Aliso	40	100	38
Abedul	40	»	38
Chopo lombardo	30	»	35
Sauce	30	»	35

446. Conviene, además, conocer la acción de algunas sustancias sobre la madera para tenerla presente cuando la índole ó destino de la construcción puede exponerla á ella. El cloro blanquea la madera sin alterarla ni disolverla; el ácido clorhídrico la ennegrece sin llegar á hacerla soluble; el ácido sulfúrico la carboniza y si se emplea con exceso muy concentrado y se deja que obre en frío, la convierte lentamente en goma que, diluyéndola en agua, se transforma en glucosa; la potasa, ayudada por la acción del calor, disuelve la madera, produciéndose un líquido pardo que contiene ácido oxálico, ácido acético y ácido úlmico.

447. DEFECTOS DE LAS MADERAS. — Los agentes atmosféricos, la naturaleza del suelo, la influencia de parásitos y otras causas desconocidas, producen enfermedades en los árboles, las que luego se traducen en defectos más ó menos importantes en las maderas y los cuales es difícil precisar.

La madera tiene *ictericia* cuando presenta manchas amarillas más ó menos pronunciadas, de olor ácido y dispuestas en anillos alrededor del centro, cuya enfermedad no debe confundirse con las manchas de savia, cuyo color es más oscuro, sin olor desagradable y que no son defecto importante. La madera que presenta síntomas de ictericia debe labrarse, á fin de separarle la capa de color gris que se forma con el contacto del aire y observar si las capas interiores presentan las manchas amarillas, así como cortarle los topes á unos 3 centímetros para reconocer su sección transversal.

Debe desecharse la madera *recalentada*, que es aquella cuya savia, por no circular libremente, ha entrado en fermentación y presenta como indicio unas manchas rojas ó negras de un olor ácido, cuyo vicio avanza rápidamente hasta hacer la madera *quemada*, convirtiéndola en un polvillo negruzco muy fino, con el olor ya nauseabundo, que es un incentivo para los insectos.

La *caries* es el anterior defecto más pronunciado. Se produce en el apilado de la madera cuando el sitio es húmedo ó no está bien aireada. Despide un olor ácido y convierte la madera en una sustancia estoposa, seca ó pulverulenta, cuyo color amarillo pálido disminuye en intensidad hasta llegar al blanco á medida que la enfermedad progresa y más si le ayudan plantas parásitas. Se anuncia por excrecencias vegetales en la superficie. En algunas minas donde la caries seca destruye en poco tiempo la madera, se la riega oportunamente para destruir la marcha de esta enfermedad.

Igualmente es mala la madera *roja*, cuando presenta este color, no por el exceso de resina, sino por ser pobre de savia ó porque la tiene corrompida.

La madera *alburente* ó de mucha albura, tiene manchas pardas y un sonido apagado cuando se la golpea, presentando un tejido fofo y blando, á veces deleznable, y propenso además á descomponerse.

La *doble albura* es un defecto muy grave, consistente en dos capas de albura separadas por otra de duramen. Cuando se sospecha la existencia de este defecto, pues se oculta con sebo ú otras sustancias grasientas, se le hace aparecer bañando la

madera con agua caliente que funde aquellas grasas.

Se llama *acebolladura* ó *colaña* la falta de unión entre los anillos, los cuales quedan á veces aislados y revestidos por una capa algodonosa de un blanco amarillento formada por una especie de hongos y con síntomas de alteración. Por esta capa penetra fácilmente el agua pudriendo la madera.

Los hielos ocasionan *atronaduras*, *garceaduras*, *heladuras* ó *estrellas*, que son agrietamientos en sentido de los radios medulares, haciendo la madera *pasmada*. Las grietas cicatrizadas forman al exterior un reborde negruzco revestido de una capa algodonosa blanco-amarillenta producida por una especie de hongo y con síntomas de alteración, y si el agua se filtra por estas grietas puede alterar y descomponer el tejido leñoso, degenerando en una enfermedad más grave. Á la heladura se asocia algunas veces una capa de albura muerta, llamada *carne de gallina*, formando un anillo que los gusanos invaden con preferencia, no debiéndose emplear esta madera y menos si en las grietas se presentan manchas blancas.

Las *goteras* ó *grisetas* son producidas por la filtración del agua al interior de la madera dando lugar á su descomposición, la cual presenta una sustancia negra que va aclarando á rojo y luego á blanco á medida que el daño penetra más, caracterizándose en la madera labrada por manchas y en los rollos por unas vetas de color rosado gris ó parduzco que adquieren las fibras exteriores.

La madera *borne* es blanda, ligera, poco elástica, quebradiza, de un blanco sucio y á veces parduzco, con grietas á través de las fibras y que van desde la periferia al corazón, con sus paredes cubiertas de musgos ó de moho y de olor repugnante. Procede de árboles decrépitos ó pasados y puntisecos y es difícil de trabajar.

En general, la madera se pudre parcialmente si tiene savia ó humedad, corrompiéndose en sus uniones; y si está enferma suele recubrirse de musgos, agaricos y hongos producidos por la presencia de ciertos insectos y plantas parásitas que desordenan el sistema orgánico.

La acumulación de savia en unos puntos á costa de otros, produce *tumores* de materia más dura y compacta, propia para trabajos de torno y taracea. Muchas veces esta desorganización produce supuraciones que se corrompen fácilmente y contaminan las partes adyacentes.

Los *nudos*, que son el origen de las ramas ó brazos del árbol, teniendo un color más oscuro que la madera, hacen torcer las fibras á su alrededor sin soldarse con ellas, lo cual ocasiona su fácil separación, dificultan la labra, son origen de putrefacción y debilitan la madera cuando se caen. Los nudos que presentan un punto oscuro llamado *ojo de perdiz*, indican otro vicio consistente en la descomposición completa de la madera convertida en una sustancia blanda y esponjosa que exhala un olor á hongo muy pronunciado y penetrante.

Las larvas de los insectos, entre ellas la *carcoma*, hacen galerías en las maderas muy viejas, que por este defecto se denominan *picadas*. Generalmente exhalan un olor ácido, y el medio de exterminar estos perniciosos insectos es inyectar en los agujeros sublimado corrosivo ó reducir la madera á tablas, dejándolas secar para producir su muerte.

448. Hay maderas *agrietadas* que tienen hendiduras transversales; maderas *hendidas*, con las grietas en sentido longitudinal ó de las fibras, y *de fibras desiguales*, cuando las tienen de desigual tamaño y mal distribuidas.

Se conocen, finalmente, maderas *viciadas* que tienen las fibras entrelazadas, onduladas, torcidas ó enroscadas *(reviradas)*, produciendo la sierra maderas veticortadas y presentando dificultades grandes para la labra porque son *repelosas*, y el hilo se presenta en todos sentidos, arrancándose con la herramienta en vez de cortarse. Las que tienen las fibras enroscadas ó torcidas están, además, expuestas á desdoblarse, es decir, á abrirse según estas fibras y tanto más cuanto mejor es la madera.

449. CONDICIONES QUE DEBE TENER LA MADERA.—Según los trabajos á que se destine, debe buscarse la clase de madera más adecuada: unas veces ha de ser para obras de gran solidez ó expuestas á grandes esfuerzos, y la madera debe entonces elegirse de las más duras, resistentes y elásticas; otras tiene que estar expuesta á las alternativas del aire y del agua ó sumergida en ésta, y entonces se ha de buscar la que resista á estas influencias. Últimamente, la construcción podrá ser de poca importancia ó provisional, y bastará en este caso la madera blanda.

Para los trabajos ordinarios de taller se necesita madera ligera y fácil de trabajar y resistente lo necesario para no alabearse en los cambios atmosféricos.

La madera ha de estar desprovista de savia y seca con objeto de evitar en lo posible que se de-

forme y sufra otros accidentes. En obras groseras puede, sin embargo, emplearse *verde*, es decir, impregnada de savia.

Puede aumentarse la dureza de la madera empapándola en aceites ó grasas y exponiéndola á un calor moderado durante cierto tiempo, con lo que, además, se consigue hacerla lustrosa y lisa.

La madera sana se reconoce por el color uniforme y propio de su especie, por el olor fresco y agradable que exhala y por el sonido seco y claro cuando se la golpea. Ha de tener una forma regular, con decrecimiento proporcionado de un extremo á otro cuando es rolliza, y no estar alabeada la que se presenta en tablazón.

Los muchos defectos que puede tener la madera aconsejan que se examine con cuidado por todos sus lados, descubriendo aquellos puntos que no ofrezcan gran confianza, haciendo sondeos y aserrando las extremidades sino se reconocen bien. Golpeada con un martillo, el sonido ha de ser seco, desechando aquella que lo dé sordo, pues indica estar la madera viciada ó muerta. Asimismo no debe admitirse la que exhale un olor nauseabundo. Estos medios y los indicios que de sus defectos se han reseñado en el párrafo anterior, nos dirán si la madera debe desecharse totalmente ó si se puede aprovechar alguna parte después de separar lo dañado.

Los nudos exigen un detenido examen para ver en qué sentido se hallan ó si están descompuestos; teniendo presente que, en madera resinosa, puede habérseles sustituido, si estaban en mal estado, con otros sanos que los almacenistas encolan con resina fundida.

La albura, que se distingue de la madera perfecta por su color más claro, si bien no es un defecto importante, debe quitarse antes de emplearla en construcciones de entidad, pues es una madera imperfecta á la que atacan fácilmente los gusanos, y que acaba por reducirse á polvo al cabo de algún tiempo.

450. COLORACIÓN ARTIFICIAL DE LA MADERA. — Puede darse color á la madera, de modo que penetre en ella y al mismo tiempo no borre sus venas, de tres maneras diferentes: 1.ª Extendiendo la materia colorante que le sea extraña sobre la madera ó sumergiéndola en ella. 2.ª Empleando en ciertas vetas ó en toda la madera, ácidos coloros ó incoloros. 3.ª Aplicando barnices con el matiz que se quiera dar, dejando á la madera su color natural. 4.ª Haciendo absorber el color á la madera por medio de la aspiración vital y el desplazamiento de la savia.

Las sustancias para la coloración son minerales ó vegetales: con los primeros, el líquido penetra con su color hasta el corazón de la madera, lo que no sucede con los segundos. En ambos casos debe tenerse presente el color natural de la madera para elegir la que mejor admita el que se desee darle.

Extendernos en detallar estas operaciones sería salirnos de los límites de un tratado de construcción.

451. DEPÓSITO Ó ALMACENADO DE LA MADERA. — Cuando las maderas han de conservarse algún tiempo antes de su empleo, lo cual debe hacerse siempre que sea posible, ha de elegirse un sitio seco y abrigado lo mismo de los vientos que del calor y la humedad, pues las alternativas de estos dos agentes ocasionan la putrefacción y la acción de aquéllos ventea la madera. Antes de almacenarlas se les quitan las partes alteradas y los nudos podridos, rellenando el hueco que dejan con alquitrán.

Generalmente se apilan en los almacenes por filas sobrepuestas y separadas unas de otras mediante palos atravesados normalmente, colocados los primeros sobre el suelo para evitar la humedad de éste: se consigue así que el aire circule libremente por todas partes. Las maderas que se han cortado en la misma época deben apilarse reunidas, así como las que tengan la misma escuadría, para que sea fácil después encontrarlas.

De tiempo en tiempo hay que tener cuidado de remover todas las piezas, y especialmente cuando se note olor acre y ácido, separando las piezas que se hallen descompuestas ó podridas y los palos que no estén perfectamente secos, para evitar de este modo que el mal se propague, pues las enfermedades de la madera son eminentemente contagiosas.

Sumergidos los troncos descortezados en agua dulce, que se renovaba constantemente, se ha conservado en Alemania durante un año una gran cantidad de abetos, habiéndose observado cuando se extrajeron que tenían más resistencia de la ordinaria.

En depósitos de agua salada, preparada con la disolución de sal marina, se conservan las maderas en los arsenales, así como enterradas cerca del mar. En la Carraca se sumerge el roble tres meses en agua salada, y luego se entierra en arena ó fango, de donde se saca para emplearla, introduciéndola

poco antes en agua dulce á fin de quitarle las sales ó sustancias extrañas.

452. MEDIOS PRESERVATIVOS PARA CONSERVAR LA MADERA PUESTA EN LA OBRA.—Los cuidados y vigilancia ejercida en el almacenado, no bastan para preservar á las maderas de las alteraciones á que están expuestas. Entre estas causas está la fermentación de las sustancias orgánicas azoadas, azucaradas ó gomosas que la savia entraña y deposita en los diversos órganos de los vegetales.

La desecación aumenta la fuerza de la madera, pero no se lleva las materias fermentables, y el contacto del aire ambiente con su humedad, vuelve á colocar la madera en sus condiciones anteriores. Sometida á las alternativas de humedad y sequía de la atmósfera, su duración está reducida á cierto número de años á pesar de todos los cuidados y medios preservativos, los cuales no hacen más que prolongar su duración algún tiempo más.

La inmersión en el agua conserva bien ciertas maderas, como ya se ha dicho al describirlas, pero si el agua es de mar las ataca el tareto naval que en poco tiempo destruye las más fuertes piezas. El yeso, cuando no cubre completamente la madera, la conserva perfectamente, en razón á que siendo más higrométrico que ella se apodera de la humedad y la deseca sin podrirla cuando está ventilada, y hasta la libra del fuego. La cal, si bien impide la entrada de la humedad, ataca con su causticidad la superficie de la madera, tiñéndola de un amarillo rojo que se transmite á su interior y la descompone.

Se ha observado que dura más la madera hincada por su extremidad más delgada, es decir, en dirección inversa á la de su crecimiento, sin duda porque la marcha de la podredumbre ó humedad no puede seguir la dirección de la savia por estar invertida la posición de los vasos capilares que la conducen en el árbol.

453. Diversos medios se han inventado para dar más duración á las maderas preservándolas de los agentes que tienden á destruirlas. Sin embargo, ninguno hasta hoy ha satisfecho completamente.

Los unos consisten en baños ó capas que se dan á las maderas por el exterior, y los otros en hacerlas absorber cierta sustancia por el interior.

Cubierta la madera con almáciga embetunada resiste mucho tiempo la intemperie y chamuscándola se la reserva de la carcoma.

En Inglaterra se usa mucho la brea extraida del ácido piroleñoso (vinagre de madera) para la preservación de la madera expuesta al aire. Para el empleo de esta brea no hay más que calentarla un poco en una vasija de hierro y extender dos ó tres capas con una brocha, con lo que se endurece la madera identificándose con ella, y la pone lisa, dura y tan impenetrable que es difícil hacer en ella la más ligera mella. Admite igualmente una capa de albayalde y aceite.

El embreado hecho con una mezcla de brea ó alquitrán mineral, $^1/_{15}$ de asfalto y $^1/_{10}$ de cal aplicada en caliente y cubierta con una capa de arena fina tamizada y calentada, se usa también para preservar la madera.

El aceite de hulla es también un buen preservativo por el ácido fénico que contiene, y éste también lo es.

Los barnices y pinturas al óleo, y especialmente la pintura Sorel, producen buenos efectos cuando la madera está seca, pues en otro caso la evaporación de la savia se hace más difícil y la expone á podrirse con más facilidad, empezando por el corazón, lo cual ha producido ya fatales consecuencias por la apariencia de seguridad que presentan. Conviene por esto, cuando no se tiene confianza de que la madera esté seca, dejar sin pintar una de las caras durante cuatro ó cinco años. Hay que advertir que los extremos de las piezas, cuando están enterrados, dan entrada á la humedad y son el origen de la descomposición si no se tiene cuidado de acudir á este peligro cubriéndolos con planchas metálicas.

La madera enterrada puede recubrirse del siguiente modo, según se hace en Alemania: Se mezclan 40 partes de creta, 50 de resina y 4 de aceite de linaza. Se derrite en una vasija de hierro y se le añade una parte de óxido de cobre nativo que se incorpora íntimamente. Después de esto se añade con precaución y removiendo la masa, una parte de ácido sulfúrico. Esta mezcla se aplica en caliente con una brocha fuerte y cuando se ha secado forma un barniz duro como la piedra.

También se emplea como medio preservativo el carbonizarla en la parte que haya de estar en contacto con la humedad; mas este medio, empleado en nuestros postes telegráficos, no produce otra ventaja que la de impedir el contacto de la tierra húmeda con la madera no carbonizada, pero destruye un buen espesor que necesitaría mucho tiempo para podrirse en la tierra. Por esto, según Emy,

sería mejor dejar intactas las maderas y rodearlas de guijarros, arenas, escorias ú otras materias que dieran paso á la humedad sin retenerla.

Para sitios húmedos surte buen efecto empapar la madera en legía de cal ó darle una mano de brocha con aceite petróleo y mejor si se le mezcla con betún líquido.

El sebo derretido puede emplearse para embeber las maderas blandas que hayan de estar expuestas á la humedad.

Cuando se trata de obras debajo del mar, se ha querido librar las maderas de los gusanos por medio de barnices, pero sin éxito real, habiéndose encontrado como eficaz únicamente el forrarlas del todo con planchas metálicas, de cobre, de cinc, de latón ó de bronce.

En Alemania se prepara la madera con borax, el cual no altera su color y la hace menos inflamable. Para ello se sumerge en una disolución saturada de dicha sal, se calienta gradualmente hasta el grado de ebullición del agua y así se la mantiene durante diez ó doce horas, según la naturaleza y espesor de las piezas; se saca luego del recipiente y se apila dejándola durante cierto tiempo, al cabo del cual se somete á otra inmersión en disolución más débil de la misma sal y durante cinco ó seis horas. Si se desea hacer impermeable la madera, se añade á la disolución cierta cantidad de laca, resina ú otra sustancia soluble en el borax caliente y que sea insoluble cuando esté fría.

Produce buen resultado hacer un taladro de 25 milímetros de diámetro hasta el corazón de la madera á unos 50 centímetros del suelo, pero en posición algo inclinada hacia abajo, el cual se llena de cristales de sulfato de cobre (caparrosa azul) algo triturados, cerrando luego la boca con un tapón. La madera absorbe el sulfato y lo conserva, pero á los tres ó cuatro meses hay que renovar la operación.

454. Modernamente se han puesto en práctica otros medios que tienen por objeto extraer de la madera la albúmina, la savia y la humedad é introducir ciertas sustancias antisépticas que la preserven, ó aislarlas del contacto del aire por medio de enlucidos y pinturas.

El procedimiento *Boucherie* consistía al principio en aprovechar la fuerza ascensional de la savia para hacer penetrar en el árbol el líquido preservador que generalmente es una disolución de sulfato de cobre de 5 por 100. Para verificarlo, si el árbol estaba en pie ó recientemente cortado con follaje en su copa, se hacía un corte de sierra ó un taladro en su pie y se rodeaba de un baño de líquido que era bien pronto llevado hasta las hojas. Si los árboles estaban ya cortados se les colocaba de pie ó inclinados y se guarnecía su extremidad superior de un reborde que pudiera contener el líquido, el cual por efecto de la gravedad se filtraba por todo el tronco. Hoy se introduce el líquido mediante la presión ejercida por una capa de agua de 2 á 3 metros de altura.

Este método tiene el inconveniente de que el líquido se mezcla con la savia y ocasiona mucha pérdida, no pudiéndose además emplear en toda clase de maderas pues solo penetra en los tejidos ocupados por savia; así que se inyectan bien las maderas en que no difieren la albura y el duramen, como el carpe, el haya, el pinabete, el aliso, etc., pero la inyección no pasa de la albura en la encina, el roble, los pinos, etc. Es necesario, además, que la operación se haga en el monte poco después de cortados los árboles y es por esta causa poco económica la instalación.

Por el método de *Segé* y *Fleury Peronnet* se introduce la madera en una caja grande de cobre y se hace pasar una fuerte corriente de vapor de agua con lo que los tejidos de la madera se dilatan y el vapor arrastra las sustancias solubles á las que se da salida por medio de una llave. A los veinte minutos se hace el vacío en la caja y á seguida se introduce la disolución de sulfato de cobre á la presión de 12 atmósferas.

El procedimiento de *Bethell* consta de tres operaciones: por la primera se somete la madera á un calor de 40 á 50° en un cilindro cerrado donde se da entrada á una disolución de sulfato de cobre dejándola seis ó siete horas bajo la presión de 7 á 8 atmósferas para que la disolución la penetre bién; por la segunda, una vez fría la madera se la seca en una estufa, y últimamente se sumerje en una caldera donde hay pirolignito de hierro, alquitrán bruto, coaltar, aceite de brea, creosota ú otras sustancias bituminosas.

Respecto de estos procedimientos debe advertirse que el hierro es atacado por el sulfato de cobre y que la creosota no permite la pintura y despide un olor desagradable.

El método de *Freret* consiste simplemente en colocar la madera en una estufa por la que se hace pasar una corriente de humo producida por virutas

de madera y auxiliada por chimeneas de aspiración, con lo que se deseca la madera. En este procedimiento, el aire y el humo caliente evaporan la savia cuyos vasos se inyectan naturalmente del ácido piroleñoso que evapora la madera al secarse y de la creosota que proporciona el humo de las virutas.

Por el sistema *Payne* se introduce la madera en un depósito de agua que contenga 1 por 100 de ácido sulfúrico y 0,5 de un sulfato ó bien de alumbre; se eleva la temperatura á 100° y se deja hasta que el líquido sube al extremo superior de la madera, el cual ha de estar por cima del nivel del líquido. Esta operación dura tres horas y luego se sumerje la madera durante doble tiempo en una disolución de cloruro de bario á la temperatura de 60 á 100°.

Se hace también la operación por el método de Boucherie ó sea inyectando primero el líquido ácido y luego por el otro extremo del tronco haciéndole penetrar la disolución de cloruro de bario, dándose por terminada la operación cuando por el extremo opuesto al de la entrada del cloruro, aparece una eflorescencia blanca que es el sulfato de barita.

Lemontier emplea el sulfuro de estroncio y el sulfato terroso que se descomponen produciendo el sulfato de estronciana, materia antiséptica sobre que no ejercen acción los cloruros ni el amoníaco.

El de *Brunett* está basado en el empleo del cloruro de cinc. Las maderas se labran antes dándoles la forma que han de tener y se cargan sobre carretones de modo que estén bien asentadas. Una caldera especial recibe estos carretones donde se someten á la acción de una corriente de vapor durante unas 3 horas haciéndoles así llegar á una temperatura de 75 á 80 grados. Cuando ha salido la savia, se vacía la caldera y se introduce la disolución del cloruro de cinc con una presión de 8 atmósferas por espacio de unas 6 horas.

Este procedimiento permite pintar las maderas una vez secas y puede emplearse sin peligro para los obreros; pero se pudre en la parte que se halla en contacto con hierro.

455. MEDIOS DE HACER LA MADERA INCOMBUSTIBLE.—Se ha intentado disminuir la combustibilidad de las maderas empleando la pintura al vidrio soluble ó sea la disolución del silicato de potasa ó de sosa; la cual, en experiencias, ha demostrado que forma una especie de barniz que retarda considerablemente los progresos de un incendio, y cuando llega á carbonizarse es sin llama. Después de estos ensayos, se concibió la idea de cubrir la madera con tres capas: la primera de una disolución de silicato de sosa, la segunda de cal y la tercera de otra disolución más fuerte de silicato de sosa.

Para recibirlas, la superficie ha de ser bien suave. La primera solución se prepara vertiendo una parte en volumen de silicato concentrado como el jarabe en tres partes de agua, se agita hasta que esté bien hecha la mezcla y se aplica con una brocha que se pasa dos ó tres veces para que la madera se sature bien. Seca esta primera capa se da la de cal en pasta, que ha de ser grasa de buena calidad, apagada y batida con cuidado y desleida en bastante agua como una crema espesa. Seca esta capa, se aplica la otra de silicato, vertiendo, para hacer la mezcla bien batida, dos partes de silicato en volumen en tres de agua.

Si es muy espesa la capa de cal se cae un poco con el frote después de seca y entonces hay que pasar otra vez la segunda solución del silicato.

Expuestas las maderas preparadas así á grandes lluvias y á corrientes de agua, han resistido bien las primeras siendo arrastrado en parte el enlucido por la corriente; el fuego no produce alteración.

También impregnada la madera en orines ó sumergida en una disolución hirviendo de alumbre ó de vitriolo verde resiste bastante la combustión. Sirve también el sulfato de amoníaco y todas las sustancias salinas y sales metálicas.

Una disolución de alumbre con agua de cal sirve también para preservar la madera de las llamas, para lo que hay que darle varias manos.

Se consigue retardar la combustibilidad dando á la madera cuatro manos de pasta de amianto, cuya sustancia, como se sabe, es incombustible.

El tungstato de sosa inyectado en caliente comunica á la madera propiedades incombustibles y la hace además tan dura como la de teca.

Sainsbury recomienda inyectar en frío, en un recipiente cerrado donde estén las maderas y con una presión de cinco atmósferas, una disolución que por cada 1000 kilogramos de agua contenga 16 de sulfato de cobre, 16 de alumbre, 1 de bromuro de sodio y 1 de yoduro de sodio, cuyas dos últimas sustancias pueden sustituirse mútuamente duplicando la cantidad.

Se emplea también una preparación de 20 kilogramos de agua, 3 de borax y 2,25 de sal común. Aminora considerablemente la inflamación de la

madera el cianito líquido preparado por la *patent liquid fireproof* Compañía de Londres y permite el empleo de pinturas ulteriores y de barniz, siendo de fácil aplicación. Como es incoloro conviene mezclarle una materia colorante para asegurarse con la vista de un revestimiento homogéneo, y se dan tres manos á la madera.

También es de fácil aplicación el bell's asbestos point en tres manos, el vidrio soluble con óxido de hierro en cuatro manos y el vidrio soluble con vidrio molido en seis manos.

Impide la producción de llama y casi absolutamente la propagación del fuego una inyección á la ebullición por 12 horas en un baño de fosfato amónico en 5 de agua y la pintura de amianto de la compañía United arbestos de Londres, que es de color gris con buen aspecto y permite la aplicación de pinturas ordinarias. Se dan tres manos y la madera toma un sonido metálico.

Impregnada la madera en una disolución de cal y de sal se conserva mejor, se libra de insectos y viene á quedar incombustible. Para ello, en 1000 litros de agua se echan 8 kilogramos de sal y otros 8 de cal y se calientan; cuando hierve se introducen las maderas y se dejan allí hasta que se impregnen bien, en cuyo estado se sacan para emplearlas. Si la madera ha de quedar á la intemperie se pinta al óleo.

456. PETRIFICACIÓN DE LA MADERA. —Se hace incombustible é impermeable dándole un aspecto pétreo sin que pierda el vegetal con el siguiente procedimiento: se echan en una caldera 55 kilogramos de sulfato de cinc, 22 de potasa americana, 44 de alumbre amoniacal y 22 de óxido de manganeso. Después de bien mezclado se vierten 55 kilogramos de agua pura á 45° centígrados de temperatura y en cuanto se hayan disuelto los materiales dichos, se le echa lentamente ácido sulfúrico de 60° hasta que la mezcla esté saturada, para lo que son necesarios 22 kilogramos de esta sustancia. Las maderas se colocan en una caja sobre un enrejado de hierro dejando entre cada una un hueco de 5 $^{m}/_{m}$ y se llena con la disolución dicha haciéndola hervir durante tres horas, al cabo de las cuales se sacan las maderas para secarlas.

Se aconseja también impregnar bien las maderas con una mezcla compuesta de 15 partes de cloruro amónico, 5 de ácido bórico, 50 de cola y 100 de agua, cuya mezcla se da con un pincel calentándola antes á la temperatura de unos 60 grados.

ARTÍCULO III

Útiles y herramientas para el labrado de la madera.

457. CARPINTERÍA.—Una obra de carpintería se compone de piezas de madera dispuestas y unidas ó *ensambladas* entre sí, de manera que su forma resulte invariable y adecuada al destino que ha de tener. El atento estudio de la dirección é intensidad de los esfuerzos á que el sistema haya de estar expuesto, nos indicará la posición que debe darse á las distintas piezas para que sea la más favorable á su resistencia, teniendo presente que la madera resiste mucho mejor cuando es comprimida ó estirada en sentido de las fibras que en cualquiera otro. La observación de las obras ejecutadas y que no hayan sufrido deformación alguna, sugerirá al constructor combinaciones varias para adoptar aquella que aparezca más estable y sólida, á la par que sencilla y económica.

Las maderas, antes de emplearlas en la construcción, se labran ó escuadrían casi siempre, dándoles la forma de un paralelepípedo rectangular cuya base es la escuadría de la pieza. Esta labra es unas veces tosca y otras muy esmerada para presentar aristas vivas ó redondeadas y superficies lisas, y en todos casos exige el empleo de útiles ó herramientas, de los que vamos á dar á conocer los más generalmente empleados en los trabajos de la carpintería de construcción.

458. BANCO DE CARPINTERO.—Las grandes piezas que se emplean en la carpintería de construcción tienen por su propio peso bastante estabilidad para que se las labre sin más que colocarlas sobre caballetes ó sobre las otras piezas y aun en el mismo suelo; pero no sucede lo mismo con la mayor parte de las que entran en las obras de la carpintería ordinaria ó de la ebanistería, las cuales necesitan sujetarse en el llamado *banco de carpintero*, que es la mesa de trabajo de estos artesanos.

El banco debe ser sólido y estable: en uno de sus extremos tiene abierta una caja cuadrada donde entra rozando fuertemente un vástago de madera llamado *corchete*, que puede subirse y bajarse á martillazos, el cual se halla guarnecido lateralmente y en su parte superior de un peine de acero para sujetar ó detener la madera que se acepilla: en el

banco hay cierto número de taladros irregularmente repartidos, en los que se coloca el *barrilete*, que es una especie de gancho grande de hierro para asir las piezas de madera. Se completa el banco con el *gato, mordaza ó tornillo*, que es idéntico al de los herreros y está formado de dos quijadas de madera dura, una fija al banco y otra movible, llamada *telera*, la cual se aproxima ó separa de la anterior por medio de una rosca cuyo tornillo entra en una tuerca abierta en la quijada fija, después de atravesar la movible, fuera de la cual sale la cabeza donde entra una palanqueta para darle vuelta y apretar ó aflojar la pieza de madera que se coloca entre ambas quijadas con el fin de trabajarla.

459. ÚTILES PARA TRAZAR Y MARCAR. — Además de las reglas, lápices, compases, niveles, etc., que ya conocemos, usan los carpinteros los siguientes útiles:

El *gramil*, que sirve para trazar líneas paralelas á la arista de la madera: es un instrumento compuesto de una tablilla con dos listones atravesados perpendicularmente á ella, uno fijo y el otro movible con una punta de hierro cerca de su extremidad. Para usarlo, se saca el listón movible de modo que la punta de la tablilla se halle á la distancia que haya de haber entre la arista de la madera y la línea por marcar, y se hace resbalar la tablilla sobre el canto de la pieza oprimiendo el instrumento para que la punta de hierro marque la línea paralela.

La *escuadra* está compuesta de dos reglas en ángulo recto, una de ellas más delgada, generalmente de hierro. La *falsa escuadra (fig. 14)*, tiene sus dos reglas movibles alrededor de un eje para abrirse más ó menos y trazar ángulos de diferentes aberturas.

El *cartabón* es una escuadra como las de dibujo, aunque más gruesa, embutida por uno de sus cantos en un listón más grueso que sirve para adaptarlo á una esquina ó arista de la madera y poder trazar en la cara adyacente líneas perpendiculares ó de 45°. En el *cartabón de ingletes* la tabla forma ángulo recto por uno de sus lados y por el otro de 135°, suplemento de 45°, teniendo además en medio un corte rectangular que sirve para comprobar si dos planos ó dos caras que forman arista saliente son perpendiculares entre sí.

460. HERRAMIENTAS DE ASERRAR. — Además de las máquinas de aserrar y de la sierra abrazadera y serrucho de que se ha hablado al tratar de escuadrar la madera (438 y 439), hay otras máquinas para hacer calados, contornear, sacar chapas, etc. El carpintero emplea las siguientes que puede manejar un hombre solo, por lo que se llaman de *mano*.

Las *sierras ordinarias* están en una armadura de madera, compuesta de dos montantes separados por un travesero y reunidos dos de sus extremos por una cuerda que se retuerce con un palo para dar tensión á la hoja colocada en las otras extremidades de los montantes. En unas sierras, denominadas *de trasdós*, la hoja está fija; en otras, que son las *comunes*, puede moverse, para cuyo efecto, en vez de sujetarse á los montantes, se halla unida á unas muñecas que los atraviesan, pudiendo girar para colocar la hoja en la posición que convenga. Esta sierra sirve para contornear siguiendo líneas rectas ó curvas con cuyo objeto tiene la hoja más estrecha que la otra.

Se emplea también el *serrucho*, de menores dimensiones que el usado por los aserradores (438), y que tiene sólo una empuñadura con la hoja trapezoidal, sirviendo para aserrar ciertas partes reentrantes á donde las otras sierras no podrían llegar; y el serrucho *de punta ó de calar* en que la hoja es triangular rematando en punta para introducirla por un taladro y poder aserrar el contorno de un agujero rectangular ó curvo, cuando hay necesidad de abrirlo en el medio de una tabla.

La forma de los dientes varía según la clase y dureza de la madera que se ha de aserrar, siendo más pequeños y cerrados para las maderas duras que para las blandas. Las sierras se afilan y traban como se ha dicho al tratar del escuadrado de la madera (438). El trabado no es necesario cuando se emplean sierras que son más gruesas en los dientes que en el otro canto, disminuyendo su espesor gradualmente.

461. El aserrado se verifica en los talleres medianamente montados, con las sierras *sin fin* ó con las *circulares*, que pueden moverse á mano, pues están montadas verticalmente en el centro de una mesa, en la que se coloca la pieza que hay que aserrar. Se imprime el movimiento rotativo con los pies por medio de un pedal que mueve un volante ó rueda, la cual á su vez hace girar á la sierra por medio de una correa. En las sierras sin fin ó de cintas destinadas á calar maderas, la sierra es una cinta de acero con dientes, que marcha verticalmente guiada por dos poleas, una arriba y otra aba-

jo de la mesa, y movida la inferior por un pedal ó por la correa de otra máquina. La tabla que se ha de calar se coloca sobre la mesa por cuyo centro pasa la cinta y se mueve á mano para que ésta recorra el contorno dibujado de antemano en la tabla. Tienen estas sierras la ventaja de que su trabajo es continuo y siempre en el mismo sentido, de manera que no hay tiempo perdido.

Se emplea para hacer chapas la *máquina de lámina cortante ó de cuchilla*. En los modelos pequeños, ésta se encuentra vertical ó perpendicular al carro donde se conduce la madera que ha de ser reducida á chapas y corta á la fibra á la vez en toda su longitud. En los modelos grandes tiene una dirección oblícua no obrando en toda su longitud, lo cual es ventajoso porque disminuye la resistencia de la madera á ser hendida y no se entorpece la marcha de la operación. La madera se somete antes á una temperatura elevada en una estufa calentada con vapor, que no deja de ser un inconveniente para la caoba.

462. HERRAMIENTAS PARA CEPILLAR.—La madera se desbasta primeramente para quitarle las desigualdades y asperezas que quedan del hacha ó de la sierra y luego se alisan, empleando en estas operaciones los *cepillos* que, como se sabe, constan de una caja ó zoquete cuadrilongo de madera dura con cuatro esquinas y caras iguales, una de las cuales lude ó roza con la madera, llevando para ello embutida una cuchilla que sobresale un poco. Esta se aloja en una caja abierta en el zoquete, presentándose inclinada á 45° con la cara de rozamiento y se sujeta con una cuña.

El cepillo es de reducidas dimensiones, y si el corte de su cuchilla es ligeramente curvo, se denomina cepillo *de desbaste*, sirviendo entonces para quitar las mayores desigualdades de la madera. El de corte recto se destina á cepillar las superficies de poca extensión.

La *garlopa* es un cepillo grande con el corte de la cuchilla en bisel recto y se emplea en acepillar las tablas ó piezas de mayores dimensiones y en aplanar los cantos de las que han de juntarse.

El *guillame* es un cepillo estrecho cuya cuchilla tiene el mismo ancho que la caja de madera en que se aloja y sirve para hacer los rebajos que no pueden acepillarse con los cepillos ni garlopas. Análogos á éstos son los *guillames de molduras*, diferenciándose en la cuchilla que en éstos presenta el corte arreglado al perfil de la moldura que se desea obtener y en un espaldón ó reborde que tienen lateralmente con objeto de dirigir el corte paralelamente á una arista.

Hay también cepillos y guillames de forma curva para trabajar maderas encorvadas ó hacer molduras circulares.

Se tiene además para acepillar la madera, la *garlopa mecánica* que actúa en un espacio de un metro de longitud por 0^{m}18 de anchura y tiene el empleo limitado á pequeñas piezas, las cuales se presentan á mano. La máquina americana da un acepillado grosero de piezas de 0^{m}12 de grueso por anchos de 0^{m}60, 0^{m}40 y 0^{m}24. Más ventajosa es la *acepilladora de láminas helizoidales*, que tiene la forma y filo á propósito para separar las fibras de la madera sin desgarrarla ni levantar astillas porque actúa sobre una pequeña superficie.

463. Las *limas* que todos conocemos y las *escofinas*, que son unas limas redondas por un lado y planas por otro con los dientes gruesos y triangulares, sirven para alisar los sitios á donde no alcanza el cepillo, empleándose también para este objeto la *piel de lija* y el *papel* del mismo nombre.

464. HERRAMIENTAS CORTANTES POR PERCUSIÓN.—Están entre ellas el *hacha* y la *azuela*, que se manejan á golpe, y los *escoplos*, *formones* y *gubias*, que necesitan de un mazo de madera para operarse con ellos.

La *azuela* tiene un hierro ó cuchilla de forma algo curva con el corte recto y perpendicular al mango, el cual forma un recodo. Lo mismo que el hacha, se emplea tanto para igualar planos como para obtener superficies curvas. Algunas tienen el corte curvo para abrir canales ó rectificar superficies cóncavas.

El *escoplo* es una barreta rectangular de hierro acerado de 1 á 2 $^c/_m$ de grueso por 10 á 15 de longitud, con un chaflán ó bisel á un extremo llamado boca y un mango de madera al otro para recibir los golpes del mazo. Sirve para abrir huecos ó cajas en la madera.

El *formón* es semejante al escoplo, del que se diferencia en ser más ancho y plano, habiéndolos de diversas formas y sirviendo para el mismo objeto.

La *gubia* es un formón de media caña, delgado, con su corte recto ó curvo, de un bisel ó dos para hacer cortes curvos y empezar agujeros.

465. La máquina *de taladrar* y *abrir cajas de ensambladura* hace primeramente agujeros en el lu-

gar destinado á la caja y luego regulariza la figura con un formón ó abre la caja por medio de una serie de agujeros yuxtapuestos hechos por un taladro que recorre toda la longitud de la caja y escuadra después los extremos cilíndricos que resultan por medio de un doble formón.

La máquina para hacer *espigas* tiene sierras circulares colocadas horizontalmente las unas y en sentido vertical las otras: con ellas se hiende y corta la madera, de modo que resultan las espigas de la forma y medida que se desea. Otro modelo para hacer espigas se funda en la acción de hojas cortantes ó láminas delgadas helizoidales que acepillan de un modo continuo y progresivo la madera, rebajando toda la porción que rodea la parte que ha de constituir la espiga hasta dejarla formada de las dimensiones que se deseen.

Hay también máquinas para abrir entalladuras en las traviesas de ferrocarril valiéndose de hojas helizoidales que no levantan astillas y hacen las entalladuras de igual profundidad, sea cualquiera el grueso de la madera: sirven igualmente para hacer cuñas con que afirmar los rieles. Estas máquinas pueden tener aplicación en edificios, en circunstancias especiales.

La industria proporciona igualmente máquinas para abrir surcos ó estrías, ya rectas, ya en espiral, moldear piezas y otros varios trabajos que sería prolijo enumerar.

466. HERRAMIENTAS PARA TALADRAR.—Se emplean para este objeto: las *barrenas* ordinarias que, como se sabe, son varillas de varios gruesos y tamaños, con una rosca terminada en punta en un extremo y provistas de una manija atravesada en el otro; las *salomónicas*, que son las grandes y tienen dos cortes en su espiral con un gusanillo en medio, y el *berbiquí*, que tiene la figura de un 5, con un botón giratorio en la parte superior y una muesca cuadrada en la inferior donde se sujeta la broca que ha de hacer el agujero. Para el empleo de este instrumento se oprime el botón con el pecho y se le da vueltas cogiéndolo con una mano por la parte curva.

Como en los demás trabajos de carpintería y según se ha visto al tratar de los instrumentos cortantes por percusión, hay máquinas para hacer taladros ó agujeros donde introducir pernos ó espigas.

467. DE OTRAS VARIAS HERRAMIENTAS Y ÚTILES DEL CARPINTERO.—El *martillo*, que suele tener por un lado unas orejas para arrancar clavos; el *mazo*, que es un martillo de madera, y las *tenazas*, son herramientas tan conocidas y de un uso tan común, que nos excusan toda descripción.

Las *cárceles* son unas piezas de madera con una muesca en medio donde se meten los objetos que se pegan con cola y se aprietan con unas cuñas para asegurarlos, manteniéndolas allí hasta que se seca la cola y queda fuerte la unión.

La *prensa* se compone de dos barrotes de madera cogidos por dos tornillos y entre los cuales se colocan y aprietan las piezas encoladas, conservándolas el tiempo necesario para que se seque la cola.

El *gato* es un instrumento de madera ó hierro que consta de dos brazos ó quijadas que se unen ó separan para coger algún objeto ó asegurar la unión de otros dos mediante un tornillo que une dichos brazos.

El *apretador* es una barra acodada por uno de sus extremos para recibir el borde de la tabla que se encola con otra por sus cantos, apretándose por medio de una garra móvil que corre á lo largo de la barra.

ARTÍCULO IV

Ensambladuras, empalmes, curvatura y torneado de la madera.

468. ENSAMBLADURAS Y EMPALMES EN GENERAL.—La solidez de un sistema de carpintería depende en gran parte, como en los de hierro (375), de la unión de unas piezas con otras, y es por lo tanto de gran importancia procurar que su disposición ó corte sea robusto y que sus partes ajusten con tal precisión que se distinga poco la juntura, para lo cual debe ponerse gran esmero en el escuadrado, facilitando esto además el trazado exacto de los cortes. Las piezas que se encuentran y apoyan mútuamente deben hacerlo en la mayor superficie posible y de manera que sus ejes estén en el mismo plano con objeto de que ninguna de las dos solicite á la otra á girar sobre su eje.

La traza ó forma de la unión ha de adaptarse á las circunstancias en que se encuentre, no olvidando la manera de colocar en obra las diferentes piezas del sistema para que sea posible armarlas en su sitio, una vez preparadas en el taller. Por último, al trazar esta forma se debe tener presente el

efecto de la dilatación y contracción que producen la humedad y el calor en las maderas para darles el juego necesario con objeto de que estas fuerzas no las rompan, huyendo al mismo tiempo de una holgura excesiva que produciría la desagregación del sistema y daría lugar á que la humedad y los insectos destruyeran la madera.

469. Como en el hierro (377), dos piezas de madera se unen *á junta plana* cuando lo hacen por el simple contacto de una con otra, para lo cual basta que sean planas las superficies de unión, y dos piezas están *acopladas* cuando se disponen una junto á otra con sus ejes paralelos, diciéndose que son gemelas si están en contacto inmediato. En todos estos casos necesitan el empleo de clavos, cinchos ú otros medios de sujeción para que una pieza no resbale sobre la otra.

Para que la unión de las piezas sea invariable y que juntas resistan cuanto sea posible como si fueran una sola, se encajan unas en otras por medio de cortes entrantes y salientes como en el hierro, llamados *ensambladuras, ensambles* ó *ensamblajes* cuando las piezas forman ángulo, y *empalmes* cuando la una es prolongación de la otra. Los ensambles y empalmes se practican lo mismo entre piezas rectilíneas que curvilíneas.

470. ENSAMBLADURAS.—El encuentro de dos piezas que forman ángulo puede verificarse de tres maneras: 1.°, por ensambladura *cruzada* si se cruzan ó cortan una con otra prolongándose más allá del punto de encuentro; 2.°, *á escopladura y espiga* cuando el extremo de la una cae sobre un punto de la longitud de la otra; y 3.°, encontrándose por sus extremos, en cuyo caso se denomina *ensambladura de ángulo*.

El ensamble se denomina *recto ó cuadrado* y *oblícuo* segun sea el ángulo formado por las piezas que se encuentran.

Tratar ahora de todos los ensambles y empalmes que se usan en carpintería sería salirnos de los límites de esta obra, por lo que nos ceñiremos á describir los principales que se emplean en la construcción de edificios.

471. ENSAMBLADURAS Á MEDIA MADERA, AL TERCIO, ETC.—Son los más sencillos de los ensambles y se reducen á practicar un corte ó escopladura de la mitad ó tercio del grueso en cada una de las piezas en la parte que se encuentran, de modo que encajen una en otra. En la *fig. 169* se representan las piezas *A* y *B* cortadas á media madera para ensamblarse, como se ve en *A'*, *B'*; la pieza *C* ensambla al tercio de madera para cruzarse con la *B* según se vé en *C'*. Este ensamblaje de cruz, cuando los ángulos de encuentro no son rectos, se denomina *de cruz de San Andrés*, la cual se dispone á veces con barbillas de que se hablará y según indica la *fig. 170*.

El ensamble á media madera se usa mucho en los llamados de *ángulo*, según se ve que hace la pieza *D* con la *B* en la *fig. 171;* generalmente se refuerza con una escuadra de hierro *ecd* ó cuando menos con clavijas que atraviesan las dos piezas por el punto medio *s*, *s* del ensamble.

Esta clase de ensambladuras se hacen también *á lazo ó cola de milano (fig. 172)* cuando tienen que resistir á un esfuerzo de tracción. A la raiz *aa* se le dan los $^3/_5$ ó $^4/_5$ del ancho *oo*, y al extremo toda la anchura, haciendo así imposible la salida ó desunión del ensamble á no rajarse la madera según la línea de puntos *xa*. Cuando el ángulo de encuentro de las piezas es muy agudo, no se da la forma de cola más que á un lado de la pieza *cb*, que es el del ángulo agudo.

La unión recta de dos piezas que se encuentran se puede verificar *(fig. 173)* dando al extremo de la pieza *A* la forma quebrada ó cilíndrica que indica la figura ó practicando un corte oblícuo llamado de *barbilla* ó de *espera*, tal como el representado en la *fig. 174*.

472. ENSAMBLADURA DE CAJA Y ESPIGA.—Para la ensambladura recta de caja y espiga *(fig. 175)* se practican en la pieza *A*, *A'* dos cortes *os*, *oa* perpendiculares entre sí con objeto de formar la *espiga oaao* y en la pieza *B* se abre una *caja ó mortaja* de las mismas dimensiones que la espiga para que ésta ocupe toda la cavidad, lo cual es muy difícil, por lo que generalmente se le da más profundidad de la necesaria con objeto de que la pieza *A* apoye en los dos tercios de su grueso que es el ancho que se da á las *quijeras os, os*. En la carpintería de taller, la espiga atraviesa por lo común toda la pieza *B* á lo que se llama espiga *pasada ó pasante*, asegurando además el ensamblaje con cola y con una ó dos clavijas de madera más dura que atraviesan la pieza *B* y la espiga de la *A*.

La ensambladura oblícua exige una modificación en la obra anterior. Se trunca la punta de la espiga de la manera que indica la *fig. 176* para facilitar su entrada en la caja á la cual se da esta misma forma; y para que el esfuerzo de la pieza *A* en sen-

tido del eje de la *B* no raje ó aplaste el ensamblaje, se hace un corte de barbilla *crs (fig. 177)* dando á la parte *rs* un cuarto de la longitud *nm*. Con esto, la resistencia de la espiga se aumenta en un tercio.

La barbilla se hace también *escalonada (figura 178)* cuando el ángulo de encuentro de las dos piezas es muy agudo; pero debe procurarse en su trazado que el triángulo *szo* no salte según el hilo *os*, pudiendo darle para ello la forma indicada en *A'*.

Algunas veces la unión oblícua de dos piezas se verifica con dos barbillas *gemelas (fig. 179)* separadas por una junta plana cuyo ensamble es de difícil ejecución para que ajusten bien las dos barbillas y no se hienda la pieza *A* en el punto *x*.

El ensamble de caja y espiga se hace también dándole la forma de cola de milano solo por un lado *(fig. 180)*; y para que la espiga pueda entrar en la caja, se da á ésta la suficiente holgura, asegurando después el ensamble con una clavija *cv* en forma de cuña, la cual entra á la fuerza apretando fuertemente las piezas *A* y *C* contra la otra.

473. EMPALMES.—El trazado de las empalmaduras depende de la posición de las piezas empalmadas la cual puede ser horizontal ó vertical y variar por lo tanto la dirección de los esfuerzos á que están sometidos, que en el primer caso son opuestos estirando la pieza y en el segundo son de compresión. Pero ya sea horizontal ya sea vertical el empalme, las piezas de madera deben estar exactamente alineadas de modo que parezcan prolongación ó continuación una de otra.

474. Los *empalmes horizontales* más sencillos son á media madera, *de corte recto (fig. 181)* hecho con simples escopleaduras á escuadra, ó *de corte oblícuo*, ya *sencillo* como el de la *fig. 182* ó *quebrado* como el que se indica en *xoz (fig. 183)*.

También se establece un *doble lazo* ó *cola de milano* en las caras horizontales de las piezas empalmadas *(fig. 184)* ó en las verticales *(fig. 185)*.

Al tercio de madera se hace el empalme *de tenaza (fig. 186)*, donde el extremo de la pieza *D* tiene una espiga *z* que es abrazada por las dos *x*, *x*, de la pieza *A*.

El trazado y construcción de estos empalmes se complica muchas veces agregándoles interiormente espigas y cajas en los extremos, ranuras y lengüetas que pueden ser á cola de milano á lo largo de las escopleaduras y por otros varios medios; pero resultan de difícil ajuste y por lo tanto de escasa resistencia por lo que no se deben aplicar en cons trucción.

Todos los empalmes anteriores tienen horizonta su más importante cara de unión. Los que la tiene inclinada se llaman *á diente* ó *rayo de Júpiter*, es tando indicados los más sencillos en las *figs. 187 188* y *189*, que representan la cara vertical de la piezas empalmadas. La primera tiene su segurida en las abrazaderas *az*, *a'z'*, *es*, *e's'*; la segunda e la llave central y en cinchos *oc*, *o'c'* ó pasadores *ps p's'*; y la tercera en llaves que en esta figura está formadas de cuatro piezas y en las abrazaderas Las llaves son dobles en forma de cuña y entran la fuerza apretando el empalme. Aunque el mayo número de llaves y escalones aumenta la solidez d la unión porque se multiplican las superficies d cohesión de las fibras, sin embargo, no se hace más de cuatro escalones en atención á la dificulta de la labra y á que resultarían muy poco pronun ciados los escalones y muy endebles las llaves. S evita la desviación lateral de esta empalmadur cortando los extremos según una línea quebrad como la *xzx* representada en planta en la *figu ra 190*.

Las piezas indicadas en las figuras anteriore con las letras *A* y *B* se encajan poniéndolas una sobre otras y las que llevan las letras *C* y *D* en trándolas lateralmente.

475. Los *empalmes verticales* se hacen de mu chísimas maneras, algunas muy complicadas. L más sencilla se reduce á formar una espiga en e extremo de una de las piezas y una caja en la otr para que aquélla entre en ésta ó bien se abren do cajas, una en cada pieza, y se introduce en ella una falsa espiga que las une. Cuando no se pued levantar la pieza superior *A (fig. 191)*, pero pued entrar de costado la inferior, se hace una espiga en una de ellas para que sea abrazada por las tena zas *z*, *z* de la otra.

Dando la forma de cruz á la espiga de la pieza *A (fig. 192)*, se hace encajar entre los brazos *x*, *x*, *x* dejados en las esquinas de la otra pieza. Esta mis ma cruz se forma en la *fig. 193*, donde la pieza *A* tiene un brazo *b* en cada una de sus dos caras opues tas y una escopleadura *e* en las otras dos y lo mism la otra pieza para que los brazos de la una entre en las escopleaduras de la otra.

Las piezas representadas en la *fig. 194* están es copleadas de manera que cada una presenta u brazo *b* en las dos esquinas opuestas y unas esco

pleaduras ó cortes de la misma forma en las otras dos para poder encajar aquéllos en éstas.

La *fig. 195,* que representa dos caras y la proyección de la pieza inferior quitada la superior, tiene dos cortes escalonados, siendo saliente en la parte *abc* y en su opuesta proyectada en *x,* y entrante en la *cdo* con su homóloga *z,* lo cual sucede también en la otra pieza para que las partes salientes de la una encajen en las escopleaduras entrantes de la otra.

476. Las *figs. 196* y *197,* indican dos empalmes de tablones. Como se ve en las piezas separadas *A'* y *B'* de la primera, el extremo *A, A'* tiene en el canto del corte una espiga *e* del tercio de su grueso, la cual entra en una caja *e'* abierta en la pieza *B, B'* y ésta á su vez tiene también su espiga *s* para entrar en la caja *s'* practicada en la *A.* La unión se asegura con clavijas que atraviesan las cajas y las espigas. La *fig. 197* indica un corte á media madera en el grueso de los tablones, siendo oblícuos y en sentido contrario los de la pieza *A* con los de la *B.* Se asegura el empalme con clavijas, tornillos y clavos, indicados respectivamente por las letras *c, t* y *v.*

477. ENSAMBLADURAS LONGITUDINALES.—Cuando se acoplan dos vigas para formar otra de grande escuadría se puede establecer la unión de varias maneras. En la *fig. 198* se representan cuatro secciones transversales de la viga compuesta: en la *A* aparecen unidas por una ranura en la pieza superior y una lengüeta en la inferior que encajan una en otra y en *B,* ambas piezas tienen ranura y lengüeta; en la sección *C* la lengüeta de la una, así como la ranura de la otra, están labradas á cola de milano, y en este caso, para unir las piezas, se las hace resbalar á lo largo una sobre otra. Se adopta también el medio de abrir una ranura en cada una de las piezas, como se ve en *D,* para meter una falsa lengüeta *e* que las una, cuya lengüeta debe tener sus fibras en sentido perpendicular á las de las piezas que enlaza, para lo cual se forma de varios trozos reunidos unos junto á otros. Esta lengüeta continua puede sustituirse por varios trozos, separados á la distancia que se crea conveniente.

478. Se aseguran longitudinalmente las piezas una con otra por los medios indicados en la *figura 199.* En *A* se verifica la unión con tablas *t, t', t',* cortadas á cola de milano por sus cantos, las cuales encajan en muescas practicadas en las caras laterales de las vigas introduciéndolas verticalmente por rozamiento y asegurándolas luego con clavijas según indica la figura. La *B* representa otras tablas cortadas á doble cola de milano aseguradas igualmente con clavijas. La *aa* está también labrada del mismo modo y se introduce en una caja más ancha abierta verticalmente en el centro de las dos vigas, obligándola después á colocarse en su sitio al meter á golpes la clavija *dd* que tiene la forma de cuña. Lo mismo sucede con las piezas *b, b, b', b',* que se aprietan contra los extremos de la caja por medio de una clavija *qg, g'* colocada entre ambas.

479. Las tablas y tablones que han de formar superficies continuas se unen por sus cantos *(figura 200),* unas veces á junta plana *A, A',* otras á media madera con corte recto *B* ú oblícuo *B',* clavándose generalmente el corte oculto, como indica la figura, y otras veces se engargolan las tablas á ranura y lengüeta *C,* la cual se hace sencilla ó doble ó se hace falsa como en *D,* en cuyo caso debe tener la lengüeta sus fibras perpendiculares á las de las tablas que unen.

480. MEDIOS AUXILIARES DE UNIÓN Y MANERA DE EMPLEARLOS.—El carpintero de taller y el ebanista aseguran las uniones dando á todas las juntas una mano de *cola,* que se usa caliente para que se adhiera á las superficies de contacto y pegue las juntas con firmeza. La cola es una pasta fuerte, transparente y pegajosa, que se obtiene cociendo las extremidades de las pieles, denominándose *fuerte* si proviene de las raeduras y desperdicios de las pieles destinadas al curtido.

481. Los clavos y tornillos que aseguran unas piezas con otras deben tener por lo menos una longitud igual al espesor de la pieza fijada en el punto en que está atravesada. Se facilita la introducción de los clavos y en muchos casos se evita que la madera se raje, haciendo previamente con una barrena ó berbiquí un agujero de menor diámetro que el clavo, siendo esta operación imprescindible cuando las maderas son duras. Los clavos que terminan en bisel cortante se deben clavar de modo que el bisel corte las fibras de la madera, siendo por esta circunstancia mejores que los de punta cónica ó piramidal, los cuales separan las fibras rajando la madera. Muchas veces, la punta de los clavos se hace que sobresalga y entonces se remacha ó *se rebita,* es decir, se dobla para volverla á clavar en sentido contrario, cuya operación se efectúa apoyando en un martillo la cabeza del clavo y golpeando oblí-

cuamente la parte saliente de la punta para obligarla á formar un gancho de modo que sea fácil introducir la punta en la madera.

Los tornillos se introducen fácilmente cuando la madera es blanda haciéndoles girar y apretando la punta al mismo tiempo. Se principia, sin embargo, el agujero con la punta de un instrumento como el compás ó el punzón. Cuando la madera es dura, es difícil meterlos completamente y hay que hacer antes el agujero con una barrena ó berbiquí cuyo taladro debe tener á lo más un diámetro igual al alma del tornillo y una profundidad un poco mayor que la longitud de éste para evitar que las paredes del agujero se deterioren con el esfuerzo del tornillo contra el fondo. De ningún modo deben meterse á martillazos, sino con el atornillador, siendo muy conveniente mojarlos antes con saliva ó mejor engrasarlos para facilitar su introducción y que no se enmohezcan después.

Los agujeros que se practiquen en la madera para introducir pernos *(figs. 71, 74 y 75)*, deben ser rectos, bien redondos y de la medida precisa para alojarlos; entre la madera y las cabezas ó tuercas del perno se interponen unas rodajas de mayor diámetro hechas de palastro fuerte á fin de que la madera no sufra directamente la acción de aquéllas y se deteriore, empleándose varias cuando han de sufrir una gran presión, con objeto de suavizar el movimiento de rotación y repartir el frotamiento entre las superficies de todas las rodajas. Cuando se teme que una tuerca se afloje por un movimiento retrógrado de rotación, se emplean contratuercas *(fig. 130)* ó chabetas *ca, c' a' (fig. 131)* que, según se indicó (390), imposibilitan el movimiento de la tuerca. Los pernos, pasadores, clavijas, etc., es conveniente pintarlos al óleo antes de introducirlos para preservarlos de la oxidación.

482. Los *cinchos* ó *aros co, c' o' (fig. 188)*, se calientan antes de colocarlos en su sitio para que se dilaten, pero no tanto que puedan quemar la madera; de este modo, con la contracción que experimentan al enfriarse, aprietan fuertemente, y aun se introducen en la madera quedando adheridos á ella. La madera debe estar bien seca cuando se emplea esta sujeción, pues de lo contrario quedaría flojo el cincho al secarse aquélla.

Las *abrazaderas*, como se ve en *es, e' s' (figura 187)*, son barras dobladas en ángulo recto en forma de U, cuyos brazos terminan en roscas; otra barra ó *brida* cierra el rectángulo, siendo atravesada por las roscas y apretada por las tuercas que entran en éstas. En algunos casos la presión se ejerce sobre rodajas de hierro. Se sustituyen estas roscas por dos clavijas *a, a'* una de ellas en forma de cuña para apretar á golpe de martillo.

483. Los *estribos* tienen, como las abrazaderas, la forma de U pero muy prolongada *(fig. 201)*, y con la diferencia de que en lugar de las roscas y tuercas, las ramas tienen unos agujeros abiertos los unos en frente de los otros para dar paso á pernos *pn* que atraviesan la madera. Cuando deban ejercer presiones muy grandes, se redondean los ángulos *a, b*, haciendo lo propio con la madera, ó se les hace obrar sobre una pieza suplementaria *d (figura 202)*. Algunas veces los estribos aprietan las piezas que unen por medio de dos clavijas aplanadas en forma de cuñas *cc (fig. 203)*.

Se da también el nombre de estribo á simples bandas de hierro acodadas y torcidas *(fig. 204)*, á la *bcaacb* de la *fig. 205* y á todas las que de un modo análogo sostienen ó aseguran unas piezas á otras.

484. Las ensambladuras de ángulo se refuerzan con *escuadras* de canto ó planas. Las primeras, hechas de palastro fuerte ó de barras planas, aseguran el ensamble por medio de tornillos ó de pernos, como demuestra la *fig. 206*, y las segundas *(figuras 171 y 207)*, que también pueden afectar la forma de T *(fig. 208)*, se forman con palastro fuerte y se sujetan generalmente con tornillos, á no ser que se pongan duplicadas una en cada lado del ensamble, correspondiéndose unas con otras, en cuyo caso se sujetan ambas por unos mismos pernos.

Las bandas, escuadras y piezas de refuerzo que se aplican de plano, así como las abrazaderas y estribos, encajan muchas veces en rebajos practicados en la madera para que no sobresalgan, cuya caja debe ser perfectamente adaptable al hierro; las bandas y escuadras se doblan algunas veces por sus extremidades para introducirlas en la madera, á cuyo fin se liman en forma de bisel y forman así un engrapamiento.

485. CURVATURA DE LAS MADERAS. —Hay casos en la construcción de edificios en que precisa emplear piezas curvas de madera. Si la resistencia que deben oponer es de poca importancia, como en puertas ó arcos muy rebajados, se hace la figura curva sobre piezas rectas, aserrándolas según una plantilla, lo que las debilita pues se cortan las fibras de la madera. Cuando la curvatura

ha de presentar una gran resistencia ó ha de ser muy pronunciada, se recurre á procedimientos por los que se obliga á la madera á tomar la curvatura deseada, lo que se consigue generalmente por medio de la acción reblandecedora del calor y sobre todo del calor húmedo.

Las piezas de pequeño grueso se encorvan fácilmente sometiéndolas á un calor suave que les da la flexibilidad conveniente para amoldarlas á la curvatura deseada: las de mayores dimensiones exigen medios más enérgicos. Se consigue darles forma curva obligándolas á plegarse contra una armazón dispuesta en el terreno, para lo que se humedece la cara de la pieza que ha de alargarse ó formar la parte exterior de la curva y se calienta la opuesta, ó sea la interior.

Generalmente se reblandece primero la madera y después se la encorva. El reblandecimiento se verifica por medio del agua hirviendo en calderas á propósito donde se introduce la madera, por medio del vapor de un modo análogo, ó entre arena colocada sobre una placa de hierro debajo de la cual se enciende fuego para calentarla, regando al propio tiempo la arena con agua hirviendo y de un modo continuo.

Una vez reblandecida la madera y sin darle tiempo á que pierda la flexibilidad que de este modo tiene, se la obliga á encorvarse contra pilotes ó estacas fijas sólidamente en el terreno, alineadas según la curva que se pretende dar á las piezas de madera, ó sobre una armazón ó molde que presenta la misma curvatura, valiéndose para doblarla de aparejos ó polipastros que tiran de la madera forzándola á tomar la curva marcada por los pilotes ó molde. A medida que se consigue encorvar la madera se la sujeta y cuando se ha encorvado completamente se la mantiene en esta posición hasta que se enfría y seca, en cuyo estado puede retirarse á un lado para encorvar otra.

Se puede también dar forma curva á la madera cargándola de pesos proporcionados repartidos según sea necesario para conseguir la curva apetecida, forzándola á amoldarse en una forma cóncava de piedra, hierro ú otro material.

486. TORNEADO.—Cuando las piezas de madera han de afectar una superficie cilíndrica ó engendrada por una curva ó línea mixta, se labra en el torno que, como se sabe, está montado sobre un banco. Los tornos pueden ser *de puntas ó de aire*. En el primero, los objetos se sujetan por los dos extremos de su eje de rotación, y en el segundo solamente por uno de ellos, y en ambos casos se aproximan ó alejan á voluntad para que la herramienta llamada *operador*, destinada á hacer el corte de la materia sobrante, pueda obrar sobre toda la longitud del objeto. Éste adquiere un movimiento rápido de rotación alrededor de su eje de figura y el operador se le aplica á mano, apoyándolo en un soporte á propósito ó por medio de tornillos de presión que lo fijan al bastidor del torno y lo aproximan más ó menos según sea el perfil que ha de formarse.

ARTÍCULO V

De varias sustancias vegetales que se emplean en construcción.

487. PAJA, JUNCIA Y ESPARTO.—Estas sustancias y otras semejantes, conocidas de todos, proporcionan en obras rústicas, como cobertizos de ganados, chozas, etc., una gran baratura.

En general se escogen de tallo recto y no quebradizo, y en la paja es preferible la de centeno por ser más dura y más larga que las demás.

Es la juncia una planta de vástagos triangulares con la que se forman sogas de poca vida y resistencia.

El esparto es una hierba de hojas como hilos, lampiñas y tenacísimas, cuyos tallos son derechos y macizos. Con el esparto se fabrican las sogas empleadas en arrastrar ó elevar materiales, las soguetas que sirven para ataduras de andamios y la tomiza cuyo uso es revestir maderas que han de ir cubiertas con morteros.

488. LINO Y CÁÑAMO PARA CUERDAS. —Estas dos sustancias nos proporcionan las telas algunas veces empleadas en construcción, especialmente el cáñamo, que tiene un gran uso en cordelería.

El cáñamo es una planta de tallo hueco, áspero, velludo, cilíndrico en su parte inferior y acanalado en la media y superior y se cultiva en España en Aragón, Cataluña, Granada y Valencia. Sus tallos se componen de corteza, fibra y cañamiza reunidas por una sustancia gomo-resinosa, que debe separarse para obtener el hilo, lo cual se consigue sometiendo dichos tallos á las siguientes operaciones: 1.ª El *enriado* para desagregar la fibra textil de la cañamiza, lo que se consigue teniéndolos sumer-

gidos en agua en una alberca durante 15 ó 20 días ó sometiéndolos al vapor de agua en una caja de palastro. 2.ª El *agramado* ó *espadillado* para romper la cañamiza y separarla de la fibra textil, lo cual se consigue golpeando los manojos con una cuchilla de madera sobre otra pieza de lo mismo. 3.ª El *rastrillado* ó *peinado*, que consiste en hacerlas pasar por entre las piezas de un peine ó rastrillo con objeto de disponer paralelamente las fibras y separarlas del resto de cañamiza que aun pudieran contener y de las fibras rotas y ensortijadas ó enredadas llamadas *estopa*. 4.ª El *empalmado*, *estirado* y *doblado* que se practican haciendo pasar los manojos de cáñamo por entre cilindros estiradores para soldarlos ó empalmarlos unos con otros de modo que formen una cinta continua. 5.ª El *hilado* que se verifica en las máquinas.

El cáñamo se divide en tres clases: la primera se compone de fibras largas amarillas, bastante fuertes y sin estopa; la segunda tiene los filamentos más cortos y estoposos, y en la tercera entran los muy cortos y desiguales, débiles y de un color verdoso ó rojizo.

En la cordelería hay varias clases, según sea el grueso, denominándose *hilo*, *guita*, *bramante*, *cordel*, *cuerda* y *maroma*. Se llaman *blancas* aquellas cuyo cáñamo no ha sufrido ningún engomado y *embreadas* las que tienen sus elementos empapados en brea para preservarlas de la humedad. Éstas tienen, sin embargo, el inconveniente de que ocultan la mala calidad del cáñamo y que tienen menos resistencia que las blancas.

El color indica la calidad de una cuerda. Si es oscuro ó manchado, indica haber sido mojada y empezado su putrefacción. Así que deben desecharse las que se presenten con moho, podridas ó descompuestas, buscando las que mejor color gris perla presenten.

489. PITA.—Esta planta, llamada también cáñamo de los americanos por ser originaria de Méjico, es de un color verde bajo, crece sin cultivo en los terrenos áridos y secos, pero cálidos, y tiene unas hojas ó pencas tiesas, carnosas, dentadas en los bordes y terminadas en una punta muy fuerte, de cuyas hojas se saca la fibra con que se fabrican cuerdas que sustituyen á las de cáñamo.

Para obtener los filamentos ó fibras se cortan las hojas por la base, se dejan macerar algunos días en agua y se destrozan ó cardan en una especie de rastrillo para quitar la parte carnosa. El hilo que resulta es grueso, blanco ó blanco gris, resistente, lustroso y flexible.

490. YUTE.—Se llama también cáñamo de la India ó de Bengala y procede de un arbusto de tallo cilíndrico y velludo que da unas fibras de color amarillo sucio ó gris con las que se fabrican cuerdas.

Para ello se enrían los tallos como el cáñamo y se les hace sufrir una fermentación extendiéndolos en capas que se riegan con una mezcla de agua y aceite de pescado para quitar á las fibras una sustancia parenquimatosa que da á los tallos una dureza especial. Después se somete la fibra al peine ó á la carda y se estiran, doblan é hilan en máquinas obteniéndose hilos gruesos para las cuerdas; resisten poco á la humedad.

491. ABACÁ.—Es el cáñamo de Manila y se extrae de las largas hojas de un árbol llamado Saging en Filipinas, plátano hembra en Cuba, higuera de Adán en Oriente y bananero en Europa.

Se preparan quitándoles los pecíolos y la corteza que les cubre interiormente; se cortan luego en tiras, las cuales se pasan por un cuchillo para que aparezcan las fibras, y últimamente se ordenan éstas peinándolas con una especie de sierra que hace el oficio de rastrillo.

En donde se produce esta materia sustituye al cáñamo en el cordaje.

492. DE OTRAS MATERIAS TEXTILES EMPLEADAS PARA CORDELERÍA.—La corteza del tilo y especialmente las fibras del liber obtenidas por maceración en el agua durante algunos meses, sirve para la fabricación de cuerdas.

La caña espina del bambú da también una fibra que se aprovecha para cordelería en Filipinas.

El *bejuco*, cuyo diámetro es de 1 á 4 $^{c}/_{m}$ y aún más, se emplea en la India como cuerda por su gran tenacidad.

493. CAÑA.—Esta planta gramínea, de tallo leñoso y hueco con nudos á trechos, se cría, como se sabe, en parajes húmedos y se corta por su pie en el mes de Enero, no exigiendo para su empleo más preparación que la de quitarle la hoja. El pelado se hace poco antes de su empleo porque se conserva mejor con la hoja que la defiende de la lluvia.

Las cañas son de inmensa utilidad para formar cielos rasos, suelos, tejados y empalizadas ó cerramientos provisionales y tabiques.

Se emplean enteras, partidas longitudinalmente en segmentos circulares ó formando un tejido con

hilo ó con ellas mismas, combinadas las enteras con las partidas.

En todo caso, debe limpiárselas de la hoja, cuya operación, así como las subsiguientes que puedan despedir polvo, deben hacerse en sitios ventilados, pues de hacerlo en lugares cerrados, producen fuertes irritaciones á los trabajadores, y en algunos casos las padecen con el contacto de las manos si no tienen cuidado de lavárselas ó limpiárselas.

Se forma con las cañas partidas y con hilos de cáñamo una especie de tejido en tiras donde la urdimbre la constituyen las cañas y la trama los hilos. De este modo se amoldan perfectamente á todas las inflexiones de un techo para sostener el enlucido clavándolas á las maderas.

En otras partes las cañas enteras se van sujetando unas á otras formando la misma tela y se clavan también para hacer cielos rasos. En la formación de suelos y tejados, la sujeción con los hilos se verifica colocando antes unas cañas normalmente que sirven de guías y á las que se van atando todas.

En Aragón se forman con cañas enteras y partidas unos zarzos ó tejidos llamados *cañizos* de 2^m de longitud por 1^m de anchura próximamente que por su rigidez y baratura son muy empleados en formar cielos rasos, suelos, tejados, escaleras y en tabiques, cerramientos, etc. Su tejido está formado de cañas enteras enlazadas y entretejidas por medio de otras cañas partidas ó rajadas en el sentido de su longitud.

En Filipinas la caña del *bambú ó canayang totoo*, cuyo diámetro alcanza hasta 20 $^c/_m$ y es muy larga, se usa en toda clase de obras y en andamios. Á cubierto de la lluvia es incorruptible y áun expuesta á la humedad y entre el fango dura muchos años.

494. CESTERÍA.—La caña, así como las tiras de madera correosa, sirven para fabricar cestos; pero especialmente se emplean para este objeto el mimbre, que es sumamente flexible, y las varas de abedul, sauce y avellano.

Las espuertas se hacen de esparto, palma y también de mimbre, abedul, sauce y avellano.

495. BETÚN VEGETAL Ó BREA.—Procede esta sustancia de las maderas resinosas (418) obteniéndose por la destilación de las mismas en vasos cerrados. Parecido al betún mineral, aunque de inferior calidad, tiene las mismas aplicaciones. Mezclada la brea con grasa ó sebo, se forma el *alquitrán ó pez naval.*

La brea que sale del pino salgareño (419) es la mejor, especialmente la procedente de la provincia de Jaén. Se la conoce por alquitrán *dulce* para distinguirlo del *amargo* que otros pinos producen.

Unida la brea por medio de la fusión con un peso igual de miera, da una mezcla clara llamada brea *americana*, reputada como la mejor para calafatear barcos. Sustituyendo la miera con pez negra se obtiene la pez grasa.

Se forma un *mastic resinoso* mezclando la brea con cal apagada en polvo y se emplea para revestimiento de pisos y azoteas, si bien no resulta tan bueno como el asfalto. Para prepararlo se funde la brea y se añade la cal en pequeñas porciones, agitando constantemente la mezcla hasta que se desprenden humos blancos y no quedan grumos en la tabla ó espátula con que se mueve la masa en la caldera; si hay mal olor se echa algo de brea, evitando así que resulte quebradizo.

496. PRODUCTOS DE CORCHO, DE MADERA Y DE PAPEL.—Con los residuos de la fabricación de tapones ú otros objetos de corcho, que es la corteza del alcornoque (417), se forman ladrillos y baldosas que pueden tener muchas aplicaciones por su poco peso y por su cualidad de no dejar paso al frío ni á los ruidos. Se limpian de los trozos de madera ó de otras sustancias que puedan tener y se muelen para reducirlos á polvo grueso como el serrín, aglomerándose por medio de una sustancia glutinosa ó de mortero.

La mezcla con una materia glutinosa se hace en un malacate, y cuando ya está la masa pastosa se echa en los moldes en los cuales se comprime. Se pone á secar al aire y después al sol ó en una estufa hasta que esté duro el ladrillo para poderlo emplear. La pasta del corcho con mortero se deja secar al aire libre.

Estos productos pesan de 250 á 300 kilogramos por metro cúbico y pueden soportar 3'600 kilogragramos por centímetro cuadrado. Reciben bien los revocos y los clavos que en ellos se clavan quedan con la resistencia suficiente para sostener cuadros, armas, etc.

497. Con la denominación de *madera-piedra* se fabrica en Alemania un material formado de serrín y magnesita calcinada y pulverizada. La mezcla se efectúa por la vía húmeda en un malaxador y se moldea después en baldosas que se comprimen durante ocho horas con una máquina capaz de desarrollar una presión de millón y medio de kilogra-

mos. Puede admitir pulimento y es completamente incombustible.

498. Con aserrín de madera y con una sustancia mineral pulverizada, se fabrica una mezcla que se somete á una gran presión obteniéndose el producto llamado *xilolita*, que es una materia dura, tenaz, incombustible, resistente á la humedad y á las influencias atmosféricas y que reune las cualidades de la madera y de la piedra, pudiendo ser aserrada, torneada, cajeada, barrenada, etc. Se fabrica en forma de baldosas de 7 á 30 milímetros de grueso con una extensión hasta de un metro cuadrado.

499. El *cartón-piedra* que se emplea para hacer molduras, adornos y estatuas, está formado con una pasta de papel, cal, arcilla, cemento y gelatina, y también con 3 partes de pasta de papel, 2 de cola fuerte y 2 de tierra bolar blanca á lo que se agrega á veces aceite de linaza.

500. TELAS IMPERMEABLES.—Entre las varias que se ofrecen por la industria está la *lona de Villesden*, que es impermeable mediante una disolución de sal de cobre, cuya sustancia la preserva de la humedad y de los gusanos y se usa mucho en los climas cálidos para cubiertas ligeras de edificios. La disolución se prepara disolviendo sencillamente el óxido hidratado de cobre en fuerte amoníaco líquido. La lona se pasa por un baño de esta disolución, de tal manera que la parte exterior de las fibras pueda pectizarse ó gelatinizarse sin dar tiempo á que la acción de la sal cúprica cause deterioro en el material; después se pasa la lona sobre tambores, como los que se usan en las fábricas de papel, y se seca, con lo cual la película de celulosa pectizada se convierte en un barniz insoluble. Al papel ó á la lona puede darse el grueso que se quiera, pasando dos ó más al mismo tiempo por el baño, prensándolos juntos y secándolos después, con lo cual se obtiene un material fuerte.

El *fieltro asfaltado de Anderson* se fabrica impregnando el fieltro en asfalto y cubriéndolo de una capa de arena que le da un aspecto pétreo. Es una tela impermeable y mala conductora del calor, que tiene buena aplicación por su economía y poco peso así como por su fácil colocación, lo mismo en climas fríos que en los cálidos.

El fieltro se fabrica con ó sin el barniz asfáltico.

Con el nombre de *asfalto laminado* se fabrica una tela impregnada por ambas caras de betún asfáltico y fuertemente comprimida haciéndola pasar por entre dos cilindros. Su empleo es para revestir paredes húmedas.

Se hace impermeable el cartón por la siguiente preparación: Se mezclan de 5 á 6 partes de resina de primera calidad y una de sebo, manteca ú otra sustancia equivalente y se calienta á fuego lento hasta que se derrite, en cuyo caso se eleva la temperatura hasta 150°. El cartón se prepara dándole un baño de vapor y luego se le sumerge en el líquido anterior pasándolo después por un laminador para quitarle el exceso de líquido. Cuando está seco no despide olor.

El cartón embetunado por el procedimiento anterior ú otro análogo donde entra la brea de modo que lo haga impermeable, es de gran utilidad en cubiertas cuando no se pide gran duración ni resistencia, facilitando la ejecución de obras provisionales donde se exija imperiosamente la economía. Se hacen hojas de 70 á 80 $^{c}/_{m}$ y aun un metro de anchura en rollos de 12 á 32 metros de longitud.

El *Lincrusta-Walton* es un producto industrial que se presenta sobre papel ó sobre tela en rollos de 50 $^{c}/_{m}$ de anchura con variedad de dibujos en relieve que prestan efectos de sombra y de luz de muy buen efecto. Tienen unas el aspecto del cuero imitando los antiguos de Córdoba y Venecia con toda la riqueza de colores metálicos y otras son imitaciones á maderas talladas, y también la hay sin dibujos, simplemente barnizada. Sus cualidades especiales son la impermeabilidad y la duración, pudiendo lavarse sin que sufra deterioro alguno. Se emplea en el decorado de vestíbulos, cajas de escalera, comedores, salones, etc.

PARTE SEGUNDA

EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE UN EDIFICIO

PRELIMINARES

501. EDIFICACIÓN Y SUS PARTES PRINCIPALES.—Tiene por objeto la edificación limitar horizontal y verticalmente uno ó varios espacios, empleando para ello los medios que presenten la mayor solidez y duración posibles. Estos límites son resultado de obras ó trabajos varios que toman el nombre de cimientos, muros, techos, suelos, puertas, etc., y cada uno de ellos está sometido á ciertas condiciones para concurrir al fin deseado; de manera que, aunque semejantes entre sí en ciertos puntos, difieren enteramente en otros.

Las paredes ó muros en un edificio son las que lo limitan horizontalmente y se construyen con materiales de naturaleza térrea ó pétrea, con madera ó con hierro y también combinando estas distintas sustancias. La techumbre ó techo cubre el espacio limitado por las paredes, y cuando el edificio tiene pisos superpuestos, el techo del inferior sirve de suelo al de encima. Se construyen de varios modos y con materiales muy diversos: de piedra ó ladrillo cuando se requiere gran solidez y duración, y de madera ó hierro ó combinados con otros materiales en la generalidad de los edificios.

Una obra consta de dos partes principales y esenciales: una es la obra propiamente dicha, que es la destinada á satisfacer el objeto que el constructor se propone y que se encuentra sobre la superficie del terreno, y la otra son los *cimientos* ó *fundaciones*, destinadas á sostener la primera; ésta se forma de dos partes, una el *cuerpo de la obra* y otra la *coronación* ó *cubierta*.

502. SOLIDEZ DE UNA OBRA Y CAUSAS DE DESTRUCCIÓN.— La solidez de una construcción exige que sea sólido, es decir, *firme*, el suelo en que descansa y que igualmente lo sean su base ó cimientos, el cuerpo de la obra y su coronación; todo en fin; pero en un grado diferente, de mayor á menor, de abajo arriba, satisfaciendo siempre al fin propuesto para formar un todo armónico.

La belleza de una obra está de acuerdo con su solidez cuando ésta lo es en justa proporción; de modo que toda obra bella, debe acusar el grado de solidez que alcanza presentando su sistema de construcción y los refuerzos que lleva para que á primera vista se comprenda que tiene sin exageración la garantía de seguridad, que es completa si está bien construida y sobre base segura y sólida, porque toda cualidad que se muestra es una belleza, la belleza de la verdad ó la verdad de la belleza; y la fuerza es una cualidad superior, no solamente en las obras de arquitectura, sino también en las de escultura, pues hasta en la representación del cuerpo de la mujer, á la idea dominante de la gracia y de la elegancia, va acompañada la idea de la fuerza sin poderse suplir por otras. Por eso tampoco es bello un cuerpo flaco ni lo es un obeso.

En un edificio, pues, con más motivo, no se deben ocultar sus nerviaciones y refuerzos para que se vea que existen y se hallan colocados en los puntos en que el instinto los está pidiendo sin caer en el mal gusto de aplicar adornos donde quiera. Un

muro destinado á sostener tierras ó contener agua, no puede tener los calados y filigranas que admiramos en las catedrales, porque allí todo necesita ser robusto y aquí basta verlos encajados entre nerviación vigorosa en su elegancia. La solidez es en suma tan bella, que no cabe ocultarla: estando á la vista se tranquiliza el espíritu; pero no se ha de caer en la pesadez que destruiría la belleza y hasta sería causa de destrucción en la obra, pues material que no llena su oficio, es material inútil, que pesa sobre la construcción y produce empujes ó presiones perjudiciales.

503. Debemos tener presente además que las obras tienen en sí mismas dos causas de destrucción: la una es el asiento que hacen y la otra el empuje, efecto una y otra de la pesantez. En el asiento, los cuerpos obran de alto á bajo, verticalmente con toda la energía de su peso para comprimir, apretar y aun romper á los que los sostienen. En el empuje, la pesantez que no puede obrar libremente en la dirección que le es natural, tiende á separar los obstáculos que se le oponen ó impiden haciéndoles resbalar.

El uso ó la habitabilidad y los agentes atmosféricos, son otras causas de destrucción de las construcciones, así como las aguas donde éstas las lamen y los fenómenos sísmicos donde éstos se sufren.

504. EMPLAZAMIENTO DE UN EDIFICIO.—Al emplazar un edificio donde hay libertad para establecerlo en cualquier situación, conviene fijarse mucho en la orientación de sus fachadas, según sean las condiciones climatológicas de la localidad y el destino de la obra, pues debe ser distinta en los paises meridionales que en los septentrionales y no preocuparse de la tendencia que hay hoy á unificarlo todo queriendo adoptar el mismo sistema en el Sur que en el Norte, como si las condiciones fueran iguales. Para que el sol bañe por igual en todas partes y pueda penetrar profundamente en las habitaciones, es preciso que la orientación se halle hacia el Sudoeste en los paises del Norte y al contrario, ó sea al Nordeste, en los climas meridionales, para evitar la acción molesta de los rayos solares que por la mañana y por la tarde penetran horizontalmente en el interior del edificio. En todos casos, la luz debe llegar directamente del cielo, por lo menos en las horas del día que se ocupan las habitaciones.

505. EXPLANACIÓN DEL TERRENO Y REPLANTEO.—Es lo más general que al tratar de levantar un edificio se busque un terreno llano de ligeras pendientes para que escurra las aguas y que si hay desigualdades se allanen por los medios que no son de este lugar. Los desniveles pueden servir ó aprovecharse en muchos casos para establecer ciertas dependencias en los puntos bajos pero siempre con la condición de que el piso ó planta más inferior destinada á vivienda se encuentre al nivel ó más alto que el punto más elevado del terreno para que no resulten humedades perjudiciales á la salud.

Conveniente es, siempre que se pueda, explanar el terreno antes de la edificación, pues esto la facilita si no es en casos muy excepcionales; pero sea que se verifique antes ó después, es preciso practicar operaciones topográficas para averiguar la entidad de los desniveles, hacer el cálculo de los desmontes ó terraplenes y determinar la profundidad de los cimientos y el nivel á que resultará la entrada del edificio. No está demás advertir que las tierras procedentes de excavaciones se ahuecan con la remoción y que no se reducen nunca á su volumen primitivo por más que se apisonen y rieguen en abundancia, que son los medios más eficaces de consolidación. El aumento varía con la calidad de las tierras, siendo de $^1/_{10}$ en las tierras flojas, $^1/_8$ en las de mediana dureza y $^1/_6$ en las duras y el asiento que los terraplenes hacen al cabo de algún tiempo después de construidos, es de $^1/_{25}$ á $^1/_{30}$ de su volumen primitivo, es decir, recién hechos.

506. Explanado el terreno ó allanado, si es posible, se procede á verificar el *replanteo* del edificio, es decir, á fijar la situación de sus paredes con arreglo á los planos, pues de ellas dependen ó á ellas pueden referirse las demás partes de la construcción. Se determina para ello la alineación principal del edificio que puede ser su fachada, se levanta ó traza en su medio una perpendicular que haga de línea-eje de la obra para referir á ella todas las medidas. Los extremos de estas dos líneas, que se marcan con piquetes ó estacas clavadas en el suelo, deben estar fuera del alcance de los trabajos, pues pudieran removerse ó perderse al verificar éstos.

Con estos dos ejes se traza fácilmente la figura de la planta de cimientos por los medios que enseña la geometría, valiéndose de jalones y cordeles atirantados para las líneas rectas que se miden con cintas metálicas: á ellas se levantan las perpendicu-

lares con escuadras *(fig. 13)*, cuando son cortas, y con otros instrumentos topográficos, cuando son largas.

Es importante medir horizontalmente las distancias; y para evitar los errores que necesariamente resultan de la suma de muchas medidas parciales, la cual al fin difiere en algunos centímetros por más esmero que haya en la operación, se deben referir todas al origen. Para ello se fija el extremo de la cinta en el punto de cruce de la línea con el eje y se señalan las distancias parciales sumándolas antes con las anteriores, cuya suma se buscará en la cinta hasta que la longitud de ésta no alcance, en cuyo caso se vuelve á colocar en su prolongación y se continúa del mismo modo, teniendo presente la longitud de la cinta ó cintas ya medidas.

El replanteo se repite durante la obra, aunque parcialmente, cuantas veces cambian de forma ó espesor los macizos que se han de elevar, por lo que se llama replanteo de cimientos, de planta baja, de principal, etc., y de cubiertas.

La facilidad del replanteo, tratándose de edificios de plano regular, no debe ser motivo para que deje de procederse con el mayor cuidado, no desdeñando toda clase de comprobaciones para asegurarse de la verdadera posición de los ángulos y de la dirección de los lados, así como de la magnitud de aquéllos y de la longitud de todas las líneas.

507. DIVISIÓN DEL SOLAR.—El recinto de un edificio, ó sea el *solar*, está cerrado por paredes de fachada ó medianeras con otros edificios y dividido en partes cubiertas para habitar ó utilizar, y en descubiertas llamadas *patios* y *corrales* para obtener la luz y ventilación que no puede proporcionarse por las fachadas. Por esta condición es vicioso el establecimiento de las cocinas, cuadras y otras dependencias molestas en los sótanos ó pisos inferiores que dan á los patios, pues dan mal olor al edificio, á no tener cerradas las ventanas, en cuyo caso hay que darles ventilación por conductos que desemboquen en la cubierta.

Aunque, según sea el destino de un edificio, así se divide para su mejor ordenación y disposición interior, la naturaleza de los materiales que han de cubrirlo obliga, por regla general, á dividir el área por líneas paralelas casi siempre á las fachadas, formando espacios de anchura uniforme llamados *crujías*, las cuales se denominan *primera*, *segunda*, etc., á partir de dicha fachada. En edificios de habitación, la anchura de las crujías varía entre tres y cuatro metros y medio.

En las líneas divisorias de crujías se levantan paredes, arcadas ó apoyos de sustentación para vigas, con objeto de obtener líneas horizontales á cierta altura, que con la de las fachadas sirvan de asiento á la cubierta ó techos del edificio. Estas paredes sirven de base á la división detallada ó distribución interior que se practica con paredes más delgadas.

A ser posible, en el medio de la fachada principal se hace la puerta de entrada al edificio, la cual está algunas veces precedida de un pórtico y da paso al *zaguán ó vestíbulo*. Éste sirve para la comunicación con las demás partes del edificio y principalmente con la escalera, que está muy inmediata y á la vista: en muchas partes el zaguan comunica con el patio.

El resto del edificio se acomoda en la distribución á las necesidades que ha de satisfacer, las cuales imponen la situación é importancia que á cada parte le corresponde. Todas ellas han de tener luz y la mayor independencia, comunicándose unas con otras por pasillos, galerías ó corredores igualmente iluminados ó por piezas secundarias que á su vez deben tener fácil salida al vestíbulo, zaguán ó patio en los pisos bajos y á la escalera en los altos.

El edificio ha de corresponder á su destino en el conjunto y en cada uno de sus detalles: las habitaciones tendrán las dimensiones convenientes de modo que cada cosa corresponda á su objeto de una manera satisfactoria. En una casa de habitación han de encontrarse satisfechas todas las exigencias de la vida en el menor espacio posible para no perderlo ni hacer gastos inútiles: la casa debe reunir todo lo indispensable á la familia que la ha de ocupar, teniendo presentes la posición, ocupación, etc., de la misma.

El edificio es en su mayor parte cubierto con una techumbre sostenida por una *armadura* que es una construcción de hierro, de madera ó de ambos materiales combinados, apoyada solamente en varios puntos que no llegan á un décimo de su extensión. También se cubren los edificios con materiales pétreos, formando lo que se llama bóvedas.

508. SUPERPOSICIÓN DE PISOS. — Los edificios se componen de un piso ó de varios. El más inferior se establece sobre terreno firme: ya al nivel de la calle ó poco menos, llamándose entonces *piso bajo*, ya inferior al pavimento de aquélla

en cuyo caso toma el nombre de *sótano* y se cubre generalmente con una bóveda que resulta más elevada que el terreno y sobre la que se establece el piso bajo ó *entresuelo*. Cuando el piso bajo está á la altura del suelo natural exterior sirve desde luego de entrada al edificio; y cuando se halla más alto, hay que dársela por una escalinata ó gradería que salve la diferencia de nivel entre la calle y la cubierta del sótano. Lo general, en edificios de habitación, es que la entrada sea al nivel del piso exterior ó poco más alta y que debajo de esta planta no haya sótano.

Donde el edificio no consta más que de piso bajo, con sótano ó sin él, el techo es la misma cubierta cuando ésta presenta formas regulares ó tiene poca importancia el destino del local; en otro caso, el techo es abovedado ú horizontal, especialmente si se destina á habitaciones. Esto sucede en climas cálidos para resguardar del calor al piso bajo que es el que se habita, aprovechándose para graneros ú otro objeto el espacio comprendido entre dicha bóveda ó techo y la cubierta, cuyo espacio se llama *desván*.

Sobre el piso bajo ó el entresuelo se establecen más ó menos pisos, según el clima, costumbres y necesidades de la localidad donde se edifica. El inmediatamente superior al bajo ó entresuelo se ha llamado piso *primero, principal* ó *noble* tomando las denominaciones de *segundo, tercero*, etc., los siguientes.

El último piso ó más superior, cuyo techo es la cubierta y que es de poca altura en su parte más baja, además de desván, se llama *sobrado, doblado, guardilla, buharda* ó *buhardilla* aunque estos últimos nombres son más propios de las ventanas que dan á los tejados. Modernamente se aplica el nombre de *sotabanco* al desván ó piso superior que en la fachada de la casa se presenta sobre la cornisa y se destina á habitaciones, teniendo muchos de ellos techo horizontal ó cielo raso debajo de la cubierta.

509. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS Y DE LOS QUE LAS EJECUTAN.—Con el nombre genérico de *obras de arte* deben comprenderse, como indica el Sr. Rebolledo en su «Construcción general», las distintas clases de obra que constituyen una edificación ó monumento, ya se formen de materiales pétreos ya lo sean de los vegetales ó metálicos, sin perjuicio de designar por *obra de fábrica* la construida con piedras naturales ó artificiales y por *obra de madera ó de hierro* las que se ejecutan con estos materiales.

510. Como obras de fábrica se consideran: la *de sillería, cantería ó aparejo*, formada de sillares, la cual se denomina *recta* cuando éstos tienen todas sus caras rectangulares, *aplantillada* si afectan otra figura ó alguna de ellas es curva, y *moldurada* si su labra está sujeta á perfiles de adorno. Es fábrica *de sillarejos* cuando la constituyen éstos, *de mampostería* si está hecha de mampuestos, *de ladrillo* en caso de ser éste el componente y *de hormigón ó de tierra* cuando se hace con estas materias. La combinación de dos ó más clases de fábrica toma el nombre de fábrica *mixta*. Como obras de *albañilería* se comprenden además todas las anteriores menos la de sillería y sillarejo, aunque los *albañiles* ó *mamposteros* las suelen ejecutar después que las piedras han sido labradas por los *canteros* á quienes corresponde principalmente su colocación en obra.

511. Las obras de madera dependen de la *carpintería*, cuya ciencia tiene por objeto combinar el enlace de las piezas de madera de modo que sirvan en la construcción de los edificios; abraza tres grandes secciones que son: la carpintería *de construcción, de armar ó de obras de afuera*, la *de taller* ú *ordinaria* y *la ebanistería*. La primera comprende todo lo que en la construcción de edificios forma una parte integrante ó de importancia sin exigir una labra fina, tales como los entramados, armaduras, andamios, etc. La carpintería de taller ú ordinaria proporciona en construcción una obra de labra más fina, denominándose *fija* la que va clavada ó recibida con mezcla como los cercos de puertas, los entarimados, las escaleras y los aleros construidos de madera, y *movible* la que tiene esta cualidad como las puertas, persianas, etc. La ebanistería facilita la ornamentación y embellecimiento del edificio empleando para ello maderas finas con las que se construyen pavimentos, puertas, etc. Tanto la carpintería de taller como la ebanistería se dedican además á la fabricación de muebles y otros objetos que no entran en el cuadro de este TRATADO. El *tornero* es también un auxiliar de la construcción ó mejor de la ebanistería.

512. Las obras de hierro son objeto hoy de varias industrias y artes. Según hemos visto al tratar de la metalurgia del hierro y del acero, los altos hornos ú oficinas de beneficio producen el metal y en los talleres de fundición ó herrerías se funden ó

forjan los hierros, es decir, se fabrican de la forma que se venden en el comercio para su inmediato empleo. Los *herreros* terminan la obra, labrando el metal á la medida que ha de tener en la obra y lo colocan en ella.

Tenemos además como auxiliares de la construcción la *hojalatería*, cuyos operarios trabajan con las planchas de plomo, de cinc, de latón ó de hoja de lata y emplean también el cristal ó vidrio. Asimismo intervienen en la construcción el fontanero y el tornero para establecer tuberías y facilitar ciertas piezas, y hasta el lampistero, calderero y otros varios en ciertas circunstancias.

513. Consecuencia de las diferentes partes y materiales que entran á componer una obra son los diversos conocimientos que se necesitan para su ejecución y el nombre que se da á los operarios que en ellas se emplean. Así, el cantero interviene en lo que corresponde al empleo de la sillería; el albañil, llamado también obrero de villa, en lo respectivo al empleo del ladrillo y de los materiales irregulares, el carpintero y ebanista en lo que se refiere á la madera; el herrero, para la labra de las partes de hierro; el hojalatero y el plomero, para emplear la hoja de lata ó el plomo, y el vidriero y pizarrero, para la colocación de los vidrios y pizarras, respectivamente. El pintor termina luego las obras y el escultor las adorna.

En las grandes poblaciones donde la subdivisión del trabajo es conveniente, hay entre los albañiles, mamposteros, soladores, estucadores, etc.; el herrero se denomina *en grueso* si trabaja exclusivamente en obras gruesas, como balcones, rejas, etc., y *cerrajero* si solo hace cerraduras. Entre los pintores, unos no hacen más que blanquear ó dar colores de fondo á las paredes y se denominan *blanqueadores*, otros se dedican á pintar las paredes pudiendo ser verdaderos artistas, y otros, los pintores de brocha gorda, no hacen más que dar manos de pintura al óleo á las puertas, ventanas, rejas, barandillas y demás objetos de madera ó hierro.

514. DESPIEZO DE UNA OBRA Y MONTEA.—Como no es posible hacer la obra monolita ó sea de una pieza, se *despieza*, es decir, se fracciona en partes de modo que al unirlas resulte el monolito. Para esto se hace en tamaño natural el trazado del fraccionamiento, al cual se llama *montea* y se figura el conjunto de la obra con los principales detalles necesarios para su ejecución.

La bondad del despiezo, que también se llama *aparejo*, depende de la regularidad y gracia en las formas y sobre todo de la solidez del resultado. Para atender á este doble objeto se suele hacer un despiezo *real*, oculto y otro *aparente* á la vista. De todos modos, es preciso que la masa dividida lo esté, no sólo con las formas que la constituyen sino con la estabilidad que ella hubiera tenido sin el fraccionamiento. Así un muro recto vertical debe ser considerado como un prisma y puede ser dividido sin inconveniente para su estabilidad en muchos bancos horizontales ó *hiladas*, por medio de planos llamados *juntas*, pues que la estabilidad resultará de la inercia y pesantez de unos bancos sobre otros. En estas hiladas se llama *lecho* el plano inferior y *sobre lecho* el superior. Todavía pueden ser fraccionadas estas hiladas por planos ó juntas verticales; pero para que haya estabilidad es preciso que esta división se haga de modo que cada línea de separación ó junta vertical del banco superior caiga entre dos del inferior, pues de otro modo, no habría enlace en sentido lateral. Por regla general, las juntas deben ser discontinuas en el sentido de los esfuerzos, que es lo que se llama á *juntas encontradas*.

En muros ó macizos que hayan de resistir esfuerzos cuyo resultante no sea vertical, podrán ser dados los cortes según planos ó juntas normales á esta resultante.

También para que los fragmentos formen un conjunto estable y sólido, debe procurarse que todas sus caras sean perpendiculares entre sí, es decir, que no haya ángulos agudos ni obtusos cuya resistencia es desigual, y que dichas caras estén labradas del modo más sencillo para que su contacto pueda ser en la mayor superficie posible, lo que se consigue disponiendo las juntas según superficies regladas ó desarrollables.

Debe también tenerse presente que cuanto mayores sean las dimensiones de los materiales, más sólida será la obra pues que habrá menos juntas, las líneas de resistencia serán sensiblemente iguales, la labra será más fácil y los ajustes más perfectos.

515. Las obras de sillería, que se componen de sillares rectos, así como las de madera y hierro cuyas piezas se encuentran perpendicularmente, no cuentan más trazado preliminar para su construcción que el de acomodar las dimensiones de los sillares ó piezas al sitio que han de ocupar; más cuando el despiezo arroja sillares de distintas for-

mas del paralelepípedo rectangular ó piezas de madera ó hierro de ensamblajes oblícuos, hay necesidad de practicar la montea.

Se aprovecha para hacer este trazado un muro que tenga el paramento bien plano y liso; y cuando las dimensiones de la obra no caben cómodamente en él se hace en el suelo, que al efecto se iguala y consolida con un embaldosado cubierto de una capa de mortero común ó hidráulico, dispuesto horizontalmente si el sitio está cubierto y con una ligera inclinación hacia un lado si está á la intemperie para que las lluvias no lo deterioren.

Se procede sobre esta área á dibujar las proyecciones y secciones necesarias del proyecto del mismo modo que se hace en el papel, con la diferencia de que los instrumentos son más bastos. Para trazar las líneas rectas se emplean aquí las reglas y el lapiz ó puntero, valiéndose de la escuadra *(fig. 13)* para tirar perpendiculares. El trazado de los arcos se hace con un cordel ó alambre ríjido y tirante sujeto por un extremo en el centro de modo que pueda girar libremente y conducido el otro por la mano, la cual con un lapiz ó puntero señala la circunferencia. En arcos de poco radio se emplea el *compás de varas (fig. 209)*, consistente en una regla provista de una punta fija p en uno de sus extremos para apoyarla en el centro del arco y de una corredera D á lo largo de la regla en la que va el lapiz ó puntero c para señalar la curva. Cuando los arcos son de radio grande pero de poca extensión, se traza la curva con una regla delgada y flexible llamada *cercha*, la cual doblándose forma fácilmente un arco; pero para ello han de fijarse antes tres puntos del mismo con objeto de que la curvatura de la cercha se adopte á ellos y sea verdaderamente parte de una circunferencia. Para las curvas elípticas se emplea un cordel ó bramante del largo del eje mayor de la elipse el cual sujeto por sus extremos en clavos puestos en los focos sirve para señalar exactamente la curvatura si se pone tirante con un lapiz ó puntero haciendo recorrer á éste el camino que la tirantez permite, pues ésta toma la dirección de los radios vectores que, como se sabe, determinan los puntos de la elipse.

De la montea se sacan las *plantillas* hechas de cartón, hoja metálica ó tabla, con la figura que ha de tener cada pieza en la obra y que sirva para trazar las ensambladuras en la madera ó el hierro. El descantillón *(fig. 79)*, tiene aquí su empleo así como la *sagma* que es cierta medida que se toma en una regla donde se anotan de una vez muchos miembros y sirve para fijar las dimensiones de algunas partes con objeto de que resulten iguales las de una misma clase, como todas las de una cornisa.

CAPÍTULO I

De los cimientos

ARTÍCULO I

Operaciones preliminares de la construcción de cimientos.

516. CIMIENTOS Y SU DIVISIÓN.—Para que una construcción sea sólida y duradera es preciso, ante todo, asegurarse de que la base sobre que se asienta sea firme é inmutable, cualidades que si no existen, inutilizan cuantos cuidados se pongan en la ulterior obra para evitar su ruina; y como la superficie del terreno no presenta esta solidez en la mayor parte de los casos, pues las lluvias, las heladas y otros agentes hacen variable hasta la más resistente, es preciso buscar la base á alguna profundidad de la superficie, construyéndose sobre ella lo que se llama *cimientos ó fundaciones* hasta enrasar con el terreno.

El sistema de construcción de los cimientos varía según son las condiciones del terreno ó medios donde se establecen, ya se considere éste como sustentando la construcción, ya como envolviéndola. El terreno que sustenta será más ó menos firme ó sólido y estará más ó menos profundo; y el terreno que lo envuelve ó donde se encajona, tendrá consistencia ó no y será más ó menos permeable ó húmedo ó será líquido si se construye en agua corriente, estancada ó de mar.

Si las fundaciones se establecen en terreno seco donde es fácil excavar hasta encontrar un suelo suficientemente sólido sin que lo impida el agua, se llaman *ordinarias;* y cuando estos trabajos se tienen que ejecutar en terrenos llenos de filtraciones y manantiales ó que se hallan cubiertos de aguas, son entonces fundaciones *hidráulicas*.

517. CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS TERRENOS DE FUNDACIÓN.—Para precaverse contra las dos causas de destrucción que tienen en sí las obras, debidas á su asiento y empuje (503), es necesario ante todo asegurarse de la clase de terreno sobre que se va á fundar y de que los materiales no pueden escapar; es preciso que el suelo sea capaz de resistir el peso que se le va á cargar y que la obra no pueda hacer movimiento alguno, teniendo presente que un terreno puede ser bueno para una construcción ligera y no ser bastante sólido ó firme para aguantar sin inconveniente y sin que ocurra accidente alguno una construcción de un peso algo considerable. Si el terreno es de una naturaleza idéntica en toda la extensión del edificio y si el peso de éste se reparte por igual en toda su superficie, la compresibilidad que sufra el suelo con el peso de la obra ó sea el asiento del terreno, y la compresibilidad de las mezclas empleadas en la fábrica ó sea el asiento de la obra, siendo iguales en toda la extensión de ésta, no producirán ruptura ó desunión en los muros y en las obras que sustentan. Pero si la carga se reparte desigualmente, si unas partes tienen más altura y más mortero que otras, se efectuará una presión desigual del suelo ó un asiento diferente en las fábricas, que producirán desgarramientos ó grietas en la construcción. Puede suceder también que, por la diferente firmeza del suelo ó por la desigual repartición de las cargas del edificio, resulten asientos solamente en ciertos sitios y no en otros, y esto ocasionará también rupturas ó grietas.

La permeabilidad de los terrenos es una mala cualidad cuando al atravesarlos el agua descompone la masa, la deslíe ó le da malas propiedades para aguantar el peso del cimiento. El terreno, á través del cual se hace la excavación de las zanjas,

cuando es permeable da paso á la humedad, la cual es absorbida por la fábrica de los cimientos y aspirada después por las paredes, siendo un azote que ejerce su acción continua y que no se puede detener ni disminuir y menos destruir tan fácilmente. La humedad demasiada de un terreno puede provenir de la lluvia que cae sobre él ó de fuentes ó manantiales que aparezcan. En ambos casos, si el agua se encuentra sobre una superficie impermeable como la arcilla y la construcción desciende por bajo de ésta, el agua inundará los cimientos ó los sótanos, y se producirán filtraciones á través de las paredes ó por bajo del suelo.

518. Las condiciones por lo tanto que el terreno sobre que se haya de fundar debe tener, son: incompresibilidad, dureza y coherencia, inalterabilidad á la acción del aire y del agua é impermeabilidad.

Son impermeables por lo regular, las rocas compactas, las arcillas plásticas y las tierras arcillosas, aun cuando es preciso evitar que por las grietas ó juntas encuentre paso al agua, pues que estas filtraciones aumentan tanto más rápidamente cuanto mayor es la carga de agua y menor la cohesión del terreno.

Los terrenos arcillosos ó poco húmedos son casi siempre duros y resistentes, pero si se mojan pueden pasar al estado plástico, al menos en cierto espesor. Los arenosos son incompresibles si están encajonados ó en grandes masas, pues de otro modo no ofrecen ninguna cohesión: regados hasta que no admitan más agua pueden soportar 2 kilogramos por centímetro cuadrado. Los terrenos de grava pueden cargarse con 5 kilogramos y los de roca con 20.

En general, reunen condiciones para la buena cimentación los terrenos de roca, arcillosos, pedregosos ó de grava cuando no están empapados en agua ó expuestos á su influencia; y en fin, todos los terrenos vírgenes, es decir, que no han sido removidos.

Son malos terrenos los constituidos por arena ó por arcilla blanda, la tierra movida ó de acarreo y la pantanosa.

519. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.—Antes de establecer una obra, debe atenderse á su situación ó emplazamiento, observando si se halla en medio del agua ó en un sitio seco, si está en la pendiente de una ladera, en el extremo de una meseta ó en medio de una llanura. Luego, hay que asegurarse de si en la extensión y profundidad que la obra debe ocupar, es el terreno de la misma naturaleza y con las mismas propiedades, y cuál es el espesor, naturaleza y cualidades de las diferentes capas.

Los pozos de las inmediaciones, los cortes del terreno sean naturales ó artificiales, darán indicios de la formación del mismo, no debiendo perderse de vista en este punto que las capas que lo constituyen varían de espesor y aun desaparecen en algunos puntos, que es variable su cohesión y dureza y que pueden presentar levantamientos, fallos ó bolsas llenas de diferentes sustancias. Asimismo, es preciso averiguar si en épocas anteriores ha sido removido el terreno, si se han hecho excavaciones que después han sido rellenadas ó se han abierto minas para la explotación de piedras, arenas, arcillas, etc.

Inspeccionando los cortes del terreno, la clase de formación que tienen los aterramientos y los efectos que causan las aguas, podrá apreciarse la fuerza que opondrá un terreno, tanto á la intemperie como á la acción del agua; teniendo presente que algunas rocas se descomponen rápidamente con la exposición al aire y especialmente los esquistos arcillosos y hulleros.

Las noticias que los albañiles del país pueden dar sobre las fundaciones de los edificios próximos deben tenerse muy en cuenta para comprobarlas con la observación de si los muros están á plomo todavía y si no han hecho ningún movimiento indicado por grietas.

520. MEDIOS DE APRECIAR LAS CONDICIONES Y CUALIDADES DE LOS TERRENOS.—El modo mejor de apreciar la incompresibilidad de un terreno es cargarlo durante algún tiempo con un peso dado y observar el asiento que su superficie experimenta; mas como esta operación es lenta, embarazosa y difícil de ejecutar, se suple con la observación de los efectos que causa el choque de un cuerpo duro y pesado, lo cual, sin embargo, no puede dar más que ligeras indicaciones.

Al hacer esta observación debe tenerse muy en cuenta que ciertos terrenos de turba, fangosos y de arcilla blanda se conducen con el choque ó carga como los líquidos, es decir, que se separan del punto donde obra la carga, levantándose á su alrededor ó escapándose á los vacíos ó puntos fallos que se lo permiten, cuya circunstancia es suma-

mente peligrosa y difícil de conocer, pues el choque produce únicamente una depresión instantánea, que desaparece así que deja de obrar el peso.

Según Vitrubio, es suficiente prueba de la solidez de un terreno, colocar en él una vasija de agua y dejando caer al lado y desde alguna altura una piedra ó maza de hierro de algún peso, deberá no producir movimiento alguno en el agua: lo contrario indicará un terreno poco firme.

La dureza y coherencia de un terreno, se aprecian por la dificultad que opone al pico ó á una barra ó pilote cuando se le quiere clavar. No obstante, la elasticidad del terreno absorbiendo la fuerza del choque, puede anular en gran parte los efectos de éste, como sucede en ciertos bancos de turba, que aunque muy blandos y poco coherentes, oponen á la hinca de los pilotes una resistencia considerable.

Se reconoce algunas veces el terreno por *rebote* dando golpes en el suelo con un madero; el cual si despide un sonido seco y claro indicará que el terreno es firme y macizo, pero no si el sonido es sordo y no se hallare mucha resistencia, pues en este caso será señal de ser de mala calidad ó que hay algún socavón debajo. Esto último se averigua también valiéndose de un cubo lleno de agua con un pedacito de papel fino en la superficie del líquido, de modo que no se moje su cara superior: se dan golpes fuertes al lado del cubo y si el agua permanece tranquila y no se moja el papel por arriba, el terreno será macizo.

Para conocer la resistencia de un terreno puede hacerse un banco con cuatro patas de una sección dada (10 á 20 $^{c}/_{m}$ de lado), que se asentará sobre el terreno y se cargará con peso hasta que el suelo ceda ó se entierren ligeramente los piés. Este peso, dividido por los centímetros cuadrados de las cuatro patas, dará el límite de resistencia del terreno, no debiéndo cargarse después con más de un décimo de este cociente.

De todos modos, conviene practicar de trecho en trecho, en la extensión que ha de abrazar la obra, sondeos muy profundos para averiguar cuál es el espesor de las capas firmes que se encuentren, y por lo tanto, la resistencia que podrán oponer, y asegurarse además de si hay debajo de ellas tierra de mala calidad ó cavidades que puedan comprometer la estabilidad de la obra. La apertura de un pozo para conseguir agua con que hacer las obras asegura de la formación del terreno.

521. SONDEO DEL TERRENO.— La diversa naturaleza de las capas que forman la corteza terrestre puede ser muy varia, y cuando se trata de construcciones de cierta extensión, es de necesidad sondear el terreno aun cuando su formación sea conocida por excavaciones adyacentes, á no ser que las capas naturales de las sustancias de que está formado el terreno se extiendan con regularidad en los alrededores y de ello haya datos exactos que confirmen la identidad del terreno en que se ha de edificar con los que han servido ya para este objeto.

Si el terreno es seco por naturaleza ó no es de utilidad la apertura de un pozo, se practican taladros verticales, llamados *sondeos ó calicatas*, hasta cierta profundidad en los puntos importantes de la futura construcción y en los ángulos de la misma, siendo excusado practicarlos fuera del recinto de la obra. Cuando el terreno es acuoso, se cava hasta el agua, y á partir del nivel de ésta se hacen los sondeos.

522. Éstos se practican con la *sonda de fundación ó tienta aguja (fig. 210)*, consistente en una barra larga de hierro terminada en punta con unas pestañas P P y reforzada por el extremo opuesto con una cabeza redondeada provista de unos agujeros que sirven para colocar unos brazos ó palancas ab que faciliten el giro cuando haya de extraerse.

Antes de hincarla en el terreno á golpe de mazo, se untan de sebo las pestañas y una vez introducida lo conveniente, se saca haciéndola girar con las palancas ab y de este modo se consigue que dichas pestañas, dispuestas convenientemente de abajo arriba, salgan llenas de tierra. Repitiendo esta operación de 30 en 30 centímetros de profundidad, podrá formarse idea de la clase de terreno que la tienta-aguja va atravesando.

El extremo que se introduce en tierra puede tener la forma de la *fig. 211* ó la de una barrena ordinaria, en cuyo caso no debe entrar á golpe sino como las de carpintero, dando vueltas y comprimiendo al mismo tiempo.

De esta manera se introduce la *sonda* ideada por *Palissy (fig. 212)*, la cual sirve para reconocer el terreno á menos de 1^{m}70 de profundidad. La sonda no debe penetrar de una vez más de 25 á 30 centímetros sin asegurarse de que se podrá sacar, para lo cual se la moverá un poco y cuando haya profundizado hasta 40 centímetros se la extraerá tomando

nota de la clase de terreno que saque la cuchara: esta operación se repite cuantas veces es necesario hasta llegar á la profundidad deseada. Si el terreno está muy seco y no se adhiere á la cuchara, habrá que echar agua en el agujero para conseguir el objeto y si se tropieza con una piedra es más conveniente abandonar el taladro y practicar otro inmediato.

Cuando el reconocimiento del terreno ha de profundizar más de 1^{m}70 hay que recurrir á otras sondas, para cuyo manejo es necesario una cabria *(figura 213)*. La sonda tiene entonces la cabeza *ab* independiente y las varillas ó vástagos *bc* que sean necesarios para penetrar á la profundidad que se desee, empalmándose todas las piezas á rosca. Se obra por rotación ó giro atornillando á la parte cuadrada de la cabeza la palanca ó *mango de maniobra (fig. 214)*, y cuando la sonda ha entrado 40 centímetros en el terreno se la saca tirando de la cuerda *ade (fig. 213)*, sea á mano, sea valiéndose de un torno como indica la figura. Para que la sonda no se caiga en el taladro hecho cuando se desatornillan la cabeza ó las varillas, se la sujeta con la *llave de retención fgh* que no permite descender al refuerzo de la rosca *R*.

Si hay que atravesar alguna capa de terreno tan duro que no lo pueda perforar la barrena, se echa mano del *cincel ó trépano (fig. 215)*, que obra por percusión elevando la sonda de 25 á 30 centímetros y dejándola caer, cuidando de darla vuelta á cada golpe para que resulte cilíndrico el agujero. Si por el contrario, se encuentra el terreno tan deleznable y húmedo que es casi fluido, hay que introducir la *cuchara de válvula (fig. 216)*, la cual se abre al entrar, llenándose la cuchara por su propio peso al sacarla, quedando en ella encerrada la muestra de tierra para examinarla cuando se ha sacado la cuchara.

Para extraer algún trozo de varilla cuando se rompe dentro del agujero, se emplea el *caracol (figura 217)* haciéndole bajar algo más que el primer refuerzo de rosca, al cual tiene que abrazar dándole el giro conveniente, y una vez conseguido, ésta herramienta arrastrará consigo la parte de sonda que hubiere quedado en el taladro.

523. Algunas veces el terreno es tan deleznable, como sucede en los fangosos y arenosos, que inmediatamente que se saca la sonda se vuelve á cegar el agujero y es entonces preciso valerse de un pilote bien derecho y horadado en toda su longitud, como representa en sección la *fig. 218*, para poder contener la tienta-aguja. El extremo del pilote que se ha de clavar tiene que estar guarnecido de hierro en forma de corte por su extremo inferior para facilitar la introducción en el terreno, la cual se ejecuta golpeándolo con una maza.

Cuando se ha clavado un pilote hasta el suelo se empalma otro, cosa algunas veces difícil si la profundidad es considerable. En este caso, los pilotes se sustituyen por tubos *ab (fig. 219)* formados de tablones sólidamente unidos unos á otros para resistir los choques durante la hinca y provistos, como el pilote, de un corte de hierro en su parte inferior. Su introducción en el terreno es á golpe de maza, pero extrayendo las tierras del interior por medio de cucharas parecidas á la de la *fig. 1.ª* empleada en los barrenos. Hincado el tubo *ab*, se le empalma otro, como lo demuestra la *fig. 220*, fortificando la unión con abrazaderas de hierro del modo indicado en la *fig. 221:* cuando ya el terreno no consiente la hinca, se introduce un segundo tubo *cd (fig. 219)* dentro del anterior, de modo que sus paredes exteriores rocen con las interiores del *ab*, consiguiéndose así que el tubo *cd* descienda más que el primero y que pueda continuarse con otro si es necesario.

Para evitar que se desconcierten los tablones con el golpe de la maza, se coloca (mientras dura la hinca) un tapón encinchado *(fig. 222)*, labrado de manera que los espaldones *ab, cd* se ajusten y apoyen exactamente sobre las caras y cantos de los tablones.

524. La maza para clavar las sondas y pilotes puede ser un trozo de tronco *A (fig. 223)* de unos 100 kilogramos de peso, reforzado con cinchos de hierro *cc* y con varios pies *P, P, P,* para levantarlo los peones. Con el objeto de que su uso sea más seguro, está horadado por su centro para que pueda pasarle una varilla vertical que le sirva de guía en la subida y bajada. La varilla debe sujetarse en el centro de la sonda ó pilote que se quiera clavar.

525. Al ejecutar todas las operaciones de una calicata, debe tenerse cuidado de que las piezas de la sonda se hallen en buen estado, desechando las que, golpeadas con un martillo, den un sonido sordo y cascado; pues esta precaución podrá evitar que se rompan durante la operación, ocasionando gastos y dilaciones.

Asimismo, con el objeto de impedir que ningún

cuerpo extraño, como piedras, se introduzca en la calicata y dificulten la maniobra del sondeo, se hace la operación sobre un tablero, en cuyo centro hay un agujero provisto de una rodaja de cuero ó paño que se ciña á la sonda, interceptando así la entrada de tierras, piedras, etc.

Cuando haya que extraer algún pilote ó tubo, puede echarse mano de una larga palanca ó del tornillo *(fig. 224)*, agarrando el pilote con una cuerda y una clavija pasada al mismo ó con dos anillos de hierro en forma de cruz, como indica la *fig. 225*.

526. MEDIOS DE PREVENIR LA HUMEDAD EN LOS CIMIENTOS.—Casi siempre se descuida oponer un obstáculo á la absorción de la humedad del terreno que por efecto de la capilaridad asciende por las paredes y las hace salitrosas. Lo primero que debe hacerse al empezar una edificación, es enterarse de la naturaleza del suelo y asegurarse del escurrimiento natural de las aguas canalizándolas ó desviándolas y preparar después el cimiento para que la humedad no remonte á las paredes. La canalización se dirige á terrenos más bajos ó á pozos absorbentes, es decir, que se profundizan hasta un terreno permeable, por donde pueda filtrarse ó absorberse el agua estableciendo una especie de drenaje ó avenamiento.

En caso de que la capa impermeable del terreno sobre la cual corre subterráneamente el agua esté cortada por un sótano, las filtraciones se producirán á través de las paredes ó por bajo del suelo y será preciso que entre las paredes y el terreno cortado por la excavación quede un espacio hueco cuyo fondo tenga pendiente hacia un punto más bajo de la canalización indicada.

La permeabilidad se aminora cuando el suelo ó superficie superior de un terreno está empedrado y más si está enlosado ó revestido de una capa hidráulica que no deje paso á la humedad.

527. En todos casos, cuando se quiere evitar que la humedad suba por las paredes por efecto de la capilaridad, se emplean lechos aisladores de asfalto, betún, pizarra, morteros hidráulicos y cementos. En varios paises de Europa se emplean con buen éxito placas aisladoras de asfalto comprimido de 7 á 10 $^m/_m$ de grueso. También se colocan en el paramento exterior que ha de quedar enterrado. Las placas están formadas de varias capas de una materia elástica (cuya base parece ser el asfalto comprimido), unidas entre sí por un tejido. Se colocan de modo que se recubran en unos 7 $^c/_m$ de su borde, haciendo después que se adhieran unas á otras por medio de un mastic aplicado en caliente, de composición análoga á la de las placas.

528. ANCHURA DE CIMIENTOS Y SU REPLANTEO.—Reconocido el terreno en la extensión que ha de ocupar la obra, procede fijar la anchura que conviene dar á los cimientos de cada muro ó parte de la construcción, la cual varía según sea el peso que ha de sustentar cada cimiento, la clase de fábrica de que se forme ó construya y las condiciones del terreno en que haya de descansar.

Conociendo el peso que ha de gravitar sobre un metro lineal de cimiento y la resistencia por metro cuadrado de su fábrica, la anchura se determinará dividiendo el peso por dicha resistencia. Así, cuando haya de gravitar un peso de 24.000 kilogramos sobre un cimiento de mampostería con mezcla común de cal y arena cuya resistencia es de 30.000 kilogramos por metro cuadrado, el espesor ó anchura de los cimientos será: $\frac{24000}{30000}$ 0^m80.

El exceso de esta anchura sobre el espesor de los muros se llama *zarpa*, y se da á un lado de la pared ó se reparte entre los dos en la proporción conveniente, la cual no debe sujetarse á la posición del eje del muro sino al punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas que han de obrar sobre la fundación y según que el terreno sea ó no compresible. Si lo es, no basta que la presión se ejerza sobre una gran superficie sino que debe repartirse lo más uniformemente posible, siendo esto tanto más importante cuanto menos resistencia presente el terreno. Esta condición exige que en cada tramo vertical del muro, la fuerza que comprime encuentre á la superficie comprimida, que es la base de la fundación, en el medio de su anchura. Si el terreno es incompresible, basta que la resultante caiga en el plano de la fundación y á la distancia de las aristas exteriores que exija la resistencia de la fábrica de cimientos.

529. Hecho el replanteo general del edificio (506), éste nos da los puntos principales, y partiendo de ellos fácil es determinar las zanjas que han de abrirse para la construcción de cimientos, deduciendo también la altura á que éstos deben enrasarse y la profundidad de los sótanos y demás obras subterráneas, puesto que ya están fijados los puntos principales de nivel. Las nivelaciones parciales se practican por medio de un reglón *r r (fi-*

gura 226), que se pone horizontal con el *nivel de aire A,* ó con los *de albañil B* ó *C,* cuyo uso consiste en hacer que la burbuja *b* del primero ocupe el punto céntrico ó que la plomada *on* de los de albañil, coincida con las líneas marcadas en el instrumento y cuya traza es perpendicular á la línea que descansa sobre el reglón *r r,* la cual, de esta manera, resulta horizontal.

Las líneas que determinan la anchura de las zanjas, se fijan con cordeles atirantados que se atan por sus extremos en estacas ó piquetes clavados fuera del borde de las zanjas ó en una tabla *aa* *(fig. 227)* clavada en los costados de unos piquetes *b, b.* Se precisa más la situación de los cimientos fijando los ejes de éstos solamente y dando luego á cada lado la mitad de su espesor.

Para la cimentación de los apoyos aislados es mejor fijar los centros de éstos y determinar después las otras dimensiones, empleando para lo primero bramantes ó cordeles de trazar que se estiran á la altura del plano superior del enrase de cimientos; y si los apoyos han de formar más de una fila y han de estar alineados unos con otros, se determinan los centros dichos por medio de la intersección de cordeles tendidos en la dirección de las líneas que se cruzan. Las curvas se trazan por los medios que se indicaron al tratar de la *montea* (515).

ARTÍCULO II

Cimientos sobre buenos terrenos.

530. PREPARACIÓN DE LA ROCA Ó DEL TERRENO DURO PARA CIMIENTOS. —Cuando la superficie del terreno es horizontal y de roca inalterable á la acción de la intemperie, la obra puede empezarse á construir inmediatamente sin necesidad de más cimiento. El terreno, sin embargo, presenta comunmente desigualdades que es preciso desaparezcan dejando un plano horizontal para establecer la fábrica, desmontando hasta una profundidad de $0^{m}3$ por lo menos.

La disposición de la roca puede ser según un plano inclinado y hay en este caso que establecer diferentes tramos horizontales escalonados á todo lo largo del muro.

Hay también casos en que la obra ha de situarse á lo largo de una ladera cogiendo entonces la pendiente de ésta transversalmente al muro y entonces el escalonado tiene que ser también transversal, ó hacer el empotramiento de algunas piedras ó hiladas, según indica en sección la *fig. 228,* cuando la ladera es muy escarpada.

Puede también suceder que en el escarpe *(figura 229),* las capas del terreno *A, A,* se hallen expuestas á resbalar con el peso de la obra, y entonces se hace preciso abrir una caja lo suficientemente profunda para que la base *cd* descanse sobre los bancos que quedan enterrados en la parte inferior *er* y no puedan por lo tanto resbalar. En este caso es muy conveniente disponer la base *cd,* algo inclinada contra los cortes de las capas.

Un medio de evitar el resbalamiento de la fábrica, consiste en sujetarla por detrás al terreno por medio de barrones de hierro como *ab,* bifurcados por el extremo que empotra en las capas de roca, según detalla la *fig. 230,* y en el medio de cuyos brazos se introduce una cuña *c* con la que se aprietan contra la peña, sujetándola en esta posición con plomo derretido, mortero hidráulico ú otras mezclas. El extremo que se introduce en la fábrica se dispone en T para que abarque bien el muro, introduciendo una barra vertical por el ojo *a.* No debe fiarse, sin embargo, la fuerza de una obra en sus engrapamientos de hierro por la facilidad que este material tiene de oxidarse con la humedad de la misma fábrica que sujeta.

Algunas veces, la roca del escarpe se altera con la intemperie y se la defiende con un revestimiento de piedra en seco ó con un muro *M (fig. 231).*

531. Cuando ocurre fundar sobre rocas de superficie muy irregular y difícil de igualar, se rellenan las sinuosidades con hormigón apisonado y encerrado en cajones, con el cual puede establecerse un plano á nivel, superior á la mayor irregularidad de la roca.

Sucede también que ésta se halla cortada en algunos puntos como en *A (fig. 232),* ó que el relieve del terreno es muy accidentado como en *bcdef,* y entonces con el objeto de economizar material se hacen arcos de resalva *R* que crucen el espacio *A* comprendido entre una peña y otra, y si la distancia es grande, se apoyan en cepas ó machones *M* edificados sobre terreno firme.

Hay casos en que el terreno tiene socavones debajo *(fig. 233)* y es entonces preciso, si las capas *A* que los cubren no tienen la resistencia necesaria, rellenar el hueco con fábrica ó establecer verticalmente y debajo de los principales puntos de apoyo, pilares subterráneos *P.*

Cuando el terreno en la superficie no es roca, pero sí bastante firme para aguantar el peso de la construcción, podría construirse inmediatamente sobre él; pero como el terreno en su superficie varía con frecuencia, ya por el desgaste que le ocasionan las lluvias ya por otros accidentes, es preciso precaver la obra de esto, y para ello se hacen siempre cimientos de $0^{m}50$ lo menos de profundidad; consiguiendo así que la obra no quede con el tiempo descarnada ó descalzada por su base. Lo general es, sin embargo, que el terreno firme se encuentre profundo.

Como se ve, los cimientos no son necesarios donde la roca forma la costra superficial del terreno; y donde éste es resistente, se hacen únicamente con el objeto de librar la obra de la influencia que pudiera tener en su base la variación del terreno; lo cual hace ver al mismo tiempo que la solidez de los cimientos ó la estabilidad de la obra no dependen de su profundidad sino de la firmeza de la base en que descansa.

532. APERTURA Ó VACIADO DE ZANJAS Ó SÓTANOS.— El terreno firme se halla generalmente á alguna profundidad de la superficie y es necesario descender hasta él por medio de la apertura de zanjas de la anchura que los cimientos han de tener y cuya excavación ó *vaciado* se ejecuta por capas de 25 á 50 $^{c}/_{m}$ de profundidad, primero con picos y azadas arrojando las tierras fuera de la zanja por medio de palas y luego con espuertas que se cogen unos peones á otros ó se elevan con sogas ó tornos dispuestos en los sitios más convenientes. Los productos de la excavación se extraen también por medio de carretillas, disponiendo planos inclinados por donde puedan subir cargadas.

Las tierras que se extraen han de arrojarse lejos de los bordes de la zanja, tanto para que no estorben como para evitar que su peso haga derrumbar el terreno cayendo dentro de la excavación y escombrándola. Esta distancia ha de ser tanto mayor cuanto más profunda sea la zanja.

Los peones no dejan desde un principio las paredes de la zanja completamente verticales y hay que refinarlas luego, que es lo que se llama *peinarlas*, dedicando á ello peones especiales.

533. Al abrir las zanjas, sucede muy comunmente atravesar capas de terrenos removidos ó de poca consistencia, que se desmoronan con facilidad cuando se les corta verticalmente y hay que contener este efecto acodalando ó apuntalándolas, para lo que se colocan tablones A, A *(fig. 234)* contra las paredes en la dirección que la inspección del terreno aconseje y sostenidos por la presión que en ellos ejercen los *codales* C, C, que van de uno á otro lado, los cuales se colocan ligeramente inclinados en sentido contrario unos de otros. Se aprietan á golpe de mazo si el terreno es consistente; mas cuando no lo es, los golpes lo descompondrían y se tiene que ejercer la presión por medio de palancas.

534. Cuando se trata de excavar un gran espacio para establecer sótanos, por ejemplo, se apuntalan las paredes verticales de la excavación por pequeñas secciones según se va profundizando, cuya operación se ejecuta en escalones, para que cuando se abra ó excave uno esté apuntalado el terreno en los escalones superiores. El apuntalamiento se verifica colocando horizontalmente á lo largo del terreno cavado tablas ó tablones B, B *(fig. 235)*, separados unos de otros más ó menos según sea la consistencia del terreno, los cuales se sostienen inmediatamente por otros verticales A, A que se apean con los puntales P para mantenerlos aplomados. Los puntales toman entonces la inclinación de 45° y se apoyan por su extremo inferior contra una fuerte estaca E que se hinca en tierra, y por el superior contra los tablones verticales A, evitando que resbalen por medio de cuñas interpuestas y de clavos fuertes, según se indica en la figura. Si la excavación es profunda habrá que colocar una segunda fila de puntales P' P', que se fijarán como los anteriores y se unirán con ellos por medio de cepos ó manguetas C, C, sujetos á ambos puntales con clavos ó mejor con pasadores para que no se conmuevan con los golpes. Las tablas ó tablones deben tener poca longitud con objeto de que puedan ponerse y quitarse fácilmente por pequeños trozos para excavar y levantar las paredes del sótano ó del cimiento sin que ocurran desprendimientos parciales que interrumpirían el trabajo.

En todos los casos, para evitar desgracias, deben vigilarse constantemente los bordes de las excavaciones, pues antes de ocurrir un desprendimiento de tierra se abren grietas en el terreno, que son las señales que da la naturaleza para avisar sus movimientos *(a)*.

(a) Á estas precauciones y á otras por el estilo debo la suerte de que no haya ocurrido ninguna desgracia en las obras que he tenido á mi cargo, espe-

535. EJECUCIÓN DE LA FÁBRICA DE CIMIENTOS. — Con las precauciones que acabamos de indicar y que deben tomarse siempre que la profundidad sea mayor de 3 á 4 metros aun cuando el terreno tenga consistencia, se desciende con seguridad hasta la capa de buen terreno y una vez en ella, se la descubre bien, se la quita la parte superior que generalmente tiene una formación imperfecta y se allana en planos horizontales como se ha dicho (530).

Se construyen los cimientos encajonados en las zanjas cuando las paredes de éstas tienen la suficiente consistencia y se han peinado bien: si no es así, es preciso que el albañil tenga cuidado de subir bien aplomo la fábrica ejecutándola con arreglo á los preceptos que más adelante se darán para levantar las paredes, debiendo tener presente que cuando la base de un cimiento no se halla toda á un mismo nivel, debe empezarse la construcción por las partes más bajas y con sumo esmero hasta enrasar con las bases superiores, dejándola descansar hasta que haga su asiento, pues que las partes de obra donde hubiere más fábrica harán mayor asiento que las que tengan menos, de donde pueden resultar agrietamientos ó cuarteos. Para evitar en lo posible este mayor asiento, algunos autores aconsejan hacer el enrase con sillares, sillarejos ó losas sentadas á hueso ó con muy poca mezcla.

536. La construcción de los cimientos es lo que generalmente se hace con menos esmero, siendo así que es el punto donde debían ponerse los mayores cuidados: en algunas partes se rellenan las zanjas de *mazacote* que es una mezcla de cal, arena y casquijo; en otras se rellenan con materiales mejor ó peor colocados por capas que se apisonan fuertemente para que hagan el menor asiento posible pero empleando casi siempre morteros comunes y muy abundantes de arena confiado el constructor en que han de estar encajonados por el terreno y por lo tanto, que no pudiendo escaparse son incompresibles; pues el sitio que ocupa un cuerpo si es bastante coherente, no lo puede llenar otro si el primero no halla un punto flojo por donde huir de la mayor impenetrabilidad del segundo. Esto puede disculpar en cierta manera cuando se trata de edificios de poca altura; pero las reformas incesantes que en esta época estamos viendo, ponen al descubierto los cimientos, ya para aprovechar los espacios que abarcan, ya por otras causas, y no está demás llamar la atención de los que se dedican á las construcciones sobre el importante papel que en estas juegan los cimientos, base de la estabilidad de toda obra.

Por esto, una vez enrasada la base de la excavación de modo que presente una superficie normal á la resultante de los esfuerzos (que puede ser inclinada) y de la extensión suficiente para que estas fuerzas obren dentro de la base y no en los bordes ó límites, se empieza la fábrica extendiendo una capa de mortero, que conviene sea hidráulico por la humedad á que ha de estar expuesto, y sobre ella se sienta una hilada de piedras grandes ó carretales lo más planas posible por la mejor base que tengan; las cuales se acuñan bien para que queden firmes y no tengan movimiento: en seguida se vierte mortero con la *paleta (a)* en los huecos de unas piedras y otras ó sea sus juntas rellenándolos con otras piedras más pequeñas ó tasquiles y también con trozos de ladrillo recocho que es lo que se llama *enripiar*, introduciéndolos á martillazos entre los carretales. Se riega luego, y con un pisón cilíndrico de madera y no cónico, se apisona fuertemente esta hilada ó banco hasta que el mortero rebose por encima, obligando así á las piedras á formarse una cama estable y teniendo de este modo buen asiento. Se extiende después otra tongada de mortero y se repite el asiento de otra hilada de piedras de manera que cubran perfectamente las juntas de las inferiores, es decir, que estén *á juntas encontradas* (514) ripiando y apisonando del modo dicho hasta enrasar á flor de tierra: se debe tener cuidado de llevar los bancos todo lo más á nivel que se pueda, especialmente el último, el cual se *enrasa*, es decir, se iguala por su cara superior, colocando encima dos capas ó hiladas de ladrillo recocho sentado de plano con buen mortero y de modo que la superior presente un plano horizontal. Para esto se emplean los reglones *rr (fig. 226)* y los niveles de aire ó de albañil *A* y *B* cuando se trata de puntos poco distantes. Este enrase se sujeta á puntos fijados por medio de un nivel de

---

cialmente en el arriesgado paso del alcantarillado de Badajoz por debajo de sus murallas y en las grandes excavaciones de los glacis hechas en terreno de acarro. Y sin embargo, ocurrieron grandes desprendimientos á pesar de los acodalamientos.

(a) Herramienta con mango de madera y una plancha de hierro en figura de hoja de hiedra.

agua ú otro instrumento más perfeccionado que asegure la horizontalidad, pues de esta base parten todas las medidas verticales que se han de tomar después. En obras de importancia, sobre las hiladas de ladrillo se sienta una de losas llamadas de *erección* que abarcan todo el ancho del cimiento y cuyo grueso es de 15 á 20 centímetros.

537. Hoy, que tan generalizado se halla el uso del hormigón, se construyen muchos cimientos con él, debiendo emplearlo algo hidráulico en atención á la humedad que siempre tiene el interior de la tierra, con cuyo contacto han de estar constantemente. Se amolda al terreno y queda perfectamente encajonado de modo que forma un monolito cuando ha fraguado, el cual reparte muy bien las cargas; pero hay que asegurarse de la solidez de las paredes de las zanjas que han de retener el hormigón, porque si cedieran á la presión de éste antes de fraguar penetraría lateralmente por entre la tierra ó se agrietaría la masa comprometiéndose en ambos casos la fundación.

La obra de los cimientos se hace también de la misma clase que ha de ser la fábrica superior, sea mampostería, sea ladrillo, con la sola diferencia de que no hay necesidad de esmerarse en los frentes ó caras que dan contra la tierra, á no ser que hayan de dejarse sótanos, en cuyo caso son unas paredes enterradas.

538. En todos casos, la humedad á que están expuestas estas obras exige que, como se ha indicado, tengan hidraulicidad los morteros; que los materiales no absorban la humedad á fin de que los muros superiores se conserven secos y en buen estado y que tengan la dureza suficiente para que puedan resistir sin quebrantarse el peso de la fábrica superior: si se emplea ladrillo, ha de ser recocho ó á lo menos bien cocido para que la humedad no lo deteriore.

539. FUNDACIONES CUANDO EL BUEN TERRENO ESTÁ MUY PROFUNDO.—Acontece con frecuencia que la profundidad á que hay que descender para hallar un terreno sólido es tan considerable, que es preciso pensar en economizar parte del material y del trabajo necesarios para rellenar la zanja. En este caso, se abren de trecho en trecho unos pozos que pueden corresponder con los macizos de las paredes que han de descansar encima y se profundizan hasta el suelo firme, levantando después en su interior con buena fábrica unos machones *M, M (fig. 236)* sobre los que se voltean unos arcos *apb*, encima de los que se construye, después de igualar ó enrasar.

Tambien, cuando el edificio consta de pilares, puede economizarse mucha fábrica construyendo los machones necesarios *M, M, (fig. 237)* debajo de los pilares y ejecutando después arcos inversos *I*, apoyados sobre el terreno; consiguiéndose de este modo, al mismo tiempo que economía, repartir las presiones de los pilares por igualdad y transmitir al terreno una parte de la presión.

La excavación de los pozos donde éstos machones ó pilares se han de construir, no se sujeta á las dimensiones estrictas de éstos, pues cuando son muy reducidas, los operarios no pueden cómodamente trabajar, y si lo hacen, la cava resulta muy cara. Para que un peón pueda trabajar necesita una anchura mínima de 40 á 50 $^c/_m$ y una longitud de 1^{m}30, de manera que la excavación debe sujetarse á estas condiciones si el terreno es consistente, pues si no lo es, hay que tener en cuenta el espacio ocupado por los acodalamientos para que no estorben á los operarios.

540. En la India se reemplazan los pilares macizos por una especie de columnas huecas cuyo interior se llena de piedra menuda, permitiendo esto el suprimir las bóvedas si se aproximan suficientemente los apoyos y se apisona fuertemente la tierra intermedia.

Su construcción se hace del siguiente modo: se traza sobre el terreno un círculo de 1^{m}60 á 1^{m}70 de diámetro que marca la forma de la columna. Se construye después sobre esta circunferencia y de un espesor de 0^{m}30 á 0^{m}35 un murete circular de una altura de 2 á 3 metros: se le deja secar y después se le ciñe exteriormente con una soga de paja de centeno de unos 3 $^c/_m$ de diámetro, arrollándola en espiral de abajo arriba. Esta cuerda mantiene la forma del tubo con dos tablones en cruz que se colocan sobre la hilada superior y á los que se ata una cuerda de 1 $^c/_m$ de grueso que desciende por el interior y vuelve á subir por el exterior en una dirección vertical.

Consolidada y sujeta así esta fábrica, un peon cava con igualdad y poco á poco en el interior del tubo y debajo de sus paredes, consiguiendo así que la columna baje sin sacudimiento alguno hasta enrasar la parte superior con la superficie del terreno. Se construye sobre la parte ya enterrada otro trozo de columna con el mismo orden y así se continúa desmontando hasta llegar á terreno consistente.

Esto conseguido, se rellena el vacío de la columna con escombros, detritus de piedra ó de ladrillo, guijarros ó grava de río arreglados á mano por capas y cubiertas con arena ó tierra. Se apisona luego la tierra comprendida entre los pozos vaciando algunas carretillas de piedra ó ladrillo para suplir la depresión producida por el apisonado. Sobre el todo, puede ya establecerse la primera hilada de fábrica, vertiendo antes (si se quiere) una lechada de cal ó una capa de mortero.

Podría establecerse la fábrica de la columna sobre una corona de madera y cubrir la parte superior de cada trozo con otra corona, que en unión de las cuerdas que bajan por dentro y suben por fuera, contribuyeran á la estabilidad del tubo. Esta construcción mixta, sin embargo, no debe inspirar gran confianza porque la madera se puede pudrir y en este caso quedan desunidos los cilindros.

541. TABLESTACADO.—Cuando el terreno que hay que desmontar para descender hasta el de la fundación es de arena suelta, no bastan los acodalamientos indicados más arriba, pues la arena se escapa por todos lados y hay entonces que revestir las zanjas completamente, para lo que puede establecerse un *tablestacado* ó sea filas de *tablestacas* A A' *(fig. 238)*, que son unos tablones que se clavan unos al costado de otros hasta penetrar sus extremidades en el terreno sólido. Se efectúa la hinca dando golpes en la cabeza de la tablestaca con un mazo de madera ó valiéndose de la maza *(fig. 223)* y aun del martinete que se describirá al tratar de las fundaciones por pilotaje. Al introducir las tablestacas cuyo corte inferior es en bisel como los indicados en la figura, se colocan aquéllas de manera que la punta esté del lado A por donde se empieza, con el fin de que el bisel ó corte resbale hacia la tablestaca anteriormente colocada comprimiéndola, lo que no sucedería si se colocaran al contrario porque tenderían á separarse hacia A' siguiendo el plano inclinado del bisel.

Las cabezas de las tablestacas se sujetan por medio de un machihembrado con las llaves ó cadenas longitudinales D, que se mantienen paralelas las de un lado del cimiento con las del otro por medio de cepos transversales ó gatillos E.

542. La línea de las tablestacas puede dirigirse de tres maneras: por la primera se clavan de trecho en trecho algunos *pilotes*, que son unos maderos terminados en punta y sobre ellos se sienta un larguero que los enlaza y contra el que se apoyan y clavan las tablestacas. Por el segundo sistema *(fig. 239)*, la fila de pilotes P se une con dos largueros L, L', L', asegurados con pasadores por entre los cuales pasan las tablestacas T, T'. Por el tercer medio, que es el más seguro, se clavan dos filas de pilotes ligeramente convergentes hacia la cabeza, la cual se corona con largueros, entre los que se deja sólo el espacio necesario para el paso de las tablestacas. Éstas se ajustan unas contra otras asegurando un travesaño t, $t't'$ con los gatillos gg, $g'g'$ é introduciendo luego las cuñas C, C' que produzcan el efecto deseado.

Con este revestimiento es fácil desmontar el espacio comprendido entre las dos filas de tablestacas y llegar hasta la capa de buen terreno, pudiendo procederse al vaciado y después á la construcción de la fábrica del cimiento.

543. Las tablestacas se yuxtaponen simplemente por sus cantos unas á otras, que es lo que se llama á *junta plana* A y A' *(fig. 200)*, ó se ensamblan como en E por medio de un gargol triangular ó de otra forma; y para vencer la resistencia de las piedras ó cuerpos duros que puedan encontrar al descender en su hinca, se corta el extremo de la tablestaca en forma de bisel *(figs. 240, 241* y *242)* y aun se les refuerza con guarniciones de hierro forjado *(fig. 243)* ó de palastro *(fig. 244)* y también de fundición *(fig. 245)*.

Se disponen las tablestacas á junta plana cuando se emplean en terrenos flojos y homogéneos. El gargol triangular E *(fig. 200)* se considera como el mejor para tablestacas de poco grueso, adoptándose la lengüeta circular cuando el grueso es de 7 á 10 centímetros, porque da mejores resultados. Si se quiere atajar el paso del agua se labran los cantos de las tablestacas á ranura y lengüeta C, pero esto tiene el inconveniente de su difícil colocación.

544. ENCAJONADO.— Si el suelo firme estuviese muy profundo y fuese tanto el espesor de la arena que no pudieran alcanzar las tablestacas, será indispensable apelar á cajones hechos de tablas clavadas en bastidores de madera, cuyo descenso se ejecuta análogamente á lo descrito para las columnas huecas (540), vaciando los peones el interior de los cajones, con lo que éstos descenderán: cuando se hallen enterrados, se vuelve á apoyar otro sobre el primero, que bajará del mismo modo hasta encontrar la base que se desee.

ARTÍCULO III

Fundaciones sobre malos terrenos ó de resistencia desigual.

545. CIMIENTOS SOBRE TERRENOS COMPRESIBLES.—Para hacer fundaciones sobre terrenos malos, debe tenerse presente que no es tanto la compresibilidad del terreno la que ocasiona la ruina de un edificio como la desigualdad del asiento; pues aquel defecto puede ocasionar un descenso vertical en la obra que no la desconcierta, y lo último desune unas partes de otras; lo que se demuestra con cuarteos, agrietamientos ó caidas.

Cuando se trata de terrenos débilmente compresibles pueden comprimirse artificialmente, como así se ha hecho con éxito en terrenos de turba cubiertos con una gruesa capa de tierra franca ó vegetal, y sobre masas de arena fangosa ó de arcilla reblandecida que presentaban en la superficie una costra más ó menos sólida y gruesa.

Hay, para este caso, que tomar las precauciones siguientes: 1.ª, cercenar ó debilitar muy poco la capa ó costra superficial y únicamente desmontar lo preciso para que no queden con el tiempo descarnados los cimientos, disminuyendo de este modo, lo menos posible, la resistencia de dicha costra; 2.ª, apisonar fuertemente el fondo de la excavación á fin de comprimir el terreno en lo posible y disminuir, en cuanto se pueda, el asiento que resultaría de su compresibilidad, empleando para ello pisones de gran peso levantados por varios hombres, ó mazas como la que se indicó para la hinca de los pilotes de sonda *(fig. 223)* ó se describirán más adelante para el maceo de pilotes; 3.ª, dar á la base de la excavación ó del cimiento una gran anchura con el objeto de repartir la carga del edificio sobre mayor superficie, disminuyendo de este modo sus efectos, y 4.ª, levantar uniformemente la fábrica en toda su extensión á la vez, á fin de no cargar por unos puntos más que por otros, procurando así obtener regularidad en los asientos. Además conviene dejar descansar los cimientos durante algún tiempo después de su construcción, con el fin de que la fábrica tenga lugar de hacer lentamente su asiento, de que los morteros fragüen y de poder poner remedio en caso de accidente cuando hay para ello tiempo.

446. Considerando que el efecto de fundar sobre terrenos compresibles es el de apretarse éstos hasta cierto punto, se comprende que puede hacerse esto con anterioridad y por medios artificiales, ya sea clavando pilotes de la manera que luego se explicará, hasta que el terreno los rechace, ya cargando el sitio destinado á sostener la fábrica con un peso doble al de ella ó apisonando el terreno, según propone Rondelet.

Efectivamente, si se adopta el apisonado, podremos observar que si llamamos P al peso del pisón, S su superficie de choque, A la altura de donde se le deja caer libremente, a la depresión del terreno sufrida por el choque y Q la carga que será necesaria para producir la depresión a, podremos tener para una superficie S,

$$Q\,a = P\,(A + a);\ \text{y}\ Q = P\left(\frac{A}{a} + 1\right);$$

y para la unidad de superficie ó el metro superficial bastará dividir el segundo miembro por S ó sea

$$Q' = \frac{P}{S}\left(\frac{A}{a} + 1\right).$$

Por tanto, si para comprimir el terreno tenemos un pisón de peso de 50 kilogramos cuya superficie chocante es $0^{m2}04$ y que dejándole caer de $0^{m}30$ de altura ocasiona cada golpe una depresión de $0^{m}03$; encontraremos que este mismo asiento produciría una carga expresada por

$$Q' = \frac{50^{k}}{0^{m2}04}\left(\frac{0^{m}30}{0^{m}03} + 1\right) = 13750^{k}\ \text{por metro}$$

cuadrado; y si el peso de la fábrica es de 24000 kilogramos $= Q''$ por metro corriente de cimiento, podremos averiguar su anchura por la expresión

$$e = \frac{24000^{k}}{13750^{k}} = 1^{m}745.$$

En general se puede escribir:

$$\frac{Q''}{e} = \frac{P}{S}\left(\frac{A}{a} + 1\right);\ \text{de donde}$$

$$e = \frac{Q''\,S}{P\left(\frac{A}{a} + 1\right)}$$

El resultado que esto arroje será un dato aproximado para fijar la anchura de los cimientos, debiendo observar que el valor de Q', deducido de la anterior fórmula, ha de ser considerado como máximo, al cual sería imprudente acercarse mucho, en atención á que la depresión producida en un terreno por efecto de una carga permanente, puede ser con el tiempo mayor que la que resulta de un choque instantáneo, durante el cual, el terreno conserva toda su elasticidad, que llega casi á perder

por una acción continua. Debe al mismo tiempo tenerse presente que, habiendo sufrido el terreno una compresión con el apisonado, es probable que la repetición de este acto con igual fuerza ó una carga equivalente, producirá un efecto mucho menor.

547. ZAMPEADO.— Cuando el terreno es demasiado malo para que se pueda adoptar el anterior método, debe procurarse repartir con igualdad la carga sobre toda la extensión de la base del cimiento, estableciendo un *zampeado* ó *emparrillado* de madera, de mucha mayor anchura que la fábrica que debe sostener, formado de piezas ensambladas á escuadra, y sujetar el terreno inferior por medio de un tablestacado, ó hincando pilotes para que el terreno quede más comprimido entre ellos.

Los huecos de este zampeado, aconsejan unos que se rellenen con buena mampostería ú hormigón y otros que se establezca un entablonado para servir de base á la primera hilada del cimiento. El entablonado, sin embargo, establece discontinuidad entre el cimiento y el suelo y sería más conveniente colocarlo debajo del zampeado ó dar al entablonado menos de 7 centímetros de grueso.

Este emparrillado tiene el inconveniente de que se pudre con bastante facilidad y rapidez á no emplear buenas maderas preparadas por los mejores procedimientos para preservarlas de la corrupción.

Debe tomarse la precaución de enterrar bastante el emparrillado con el objeto de librarlo de la influencia del aire ó que quede descarnada la fábrica. Es, además, muy conveniente cargar el emparrillado con un peso equivalente al de la construcción que ha de soportar y durante algún tiempo, para que haga el terreno todo su asiento.

548. PLATAFORMA Ó ENTABLONADO. —Sobre un suelo blando ó flojo, en el que la base deba abrazar una gran extensión para aguantar el peso del edificio, se emplean muy frecuentemente tablones, pero solamente cuando no pueden pudrirse. Si el terreno es húmedo y la madera está seca, no hay inconveniente; mas si el terreno es seco ó se halla expuesto á las alternativas de la humedad y de la sequía, la madera se pudre á no prepararla convenientemente. La madera tiene la ventaja de resistir á las acciones transversales, es decir, normalmente á su longitud, sean horizontales ó verticales; cede de una manera insensible y puede por esto servir para establecer una base ancha sin aumentar por ello con exceso las hiladas fundamentales de la fábrica que va encima.

La mejor manera de emplear los tablones consiste en establecer una capa de ellos transversalmente al cimiento para lo que se cortan á la medida del ancho de éste y sobre ella otra de tablones en sentido del largo del muro, de modo que abracen la anchura de éste clavando los tablones superiores á los inferiores y sujetándolos con clavijas.

549. FUNDACIONES SOBRE HORMIGÓN.—En algunos casos se ha desmontado el terreno que ocupa una edificación hasta una profundidad de 60 á 90 centímetros y se ha rellenado de hormigón formando una capa de roca artificial sobre la que se han levantado las paredes.

El hormigón hidráulico puede aplicarse en la construcción de los cimientos si se le da una anchura en relación con la compresibilidad del suelo y un grueso de $0^{m}50$ á un metro. Sobre un terreno de mediana resistencia, se pueden evitar fundaciones demasiado profundas ó muy anchas, estableciendo este hormigón con un ancho de dos á tres veces la anchura ó espesor de los muros superiores. El hormigón hidráulico tiene la ventaja por otro lado de que no deja paso á la humedad y de que puede extenderse aun dentro de terrenos encharcados ó pantanosos.

550. CIMIENTOS FORMADOS CON PILOTES DE HORMIGÓN.—Se hacen cimentaciones practicando agujeros en el terreno en el número que se crea necesario, los cuales se rellenan de hormigón. Para abrir los agujeros se hace uso de pilotes de madera de 18 á 25 $^{c}/_{m}$ de diámetro y de 1^{m} á $1^{m}60$ de longitud, guarnecida su cabeza con un aro de hierro para que no se abran al golpearlos y taladrados transversalmente para ponerles una barra con la que pueda dárseles vueltas á medida que se van hincando y sacarlos del agujero cuando sea necesario. Los agujeros abiertos por los pilotes se rellenan de hormigón hidráulico, el cual se apisona fuertemente á medida que se echa: cuando están todos rellenos, se extiende en toda la extensión que ha de ocupar la construcción y se apisona inmediatamente una capa de la misma clase de fábrica y del espesor suficiente para que no se agrietee ó rompa con el peso superior. También se establece sobre los pilotes de hormigón un entablonado que reparte por igual la carga de la obra superior.

551. EMPLEO DE LA ARENA PARA CIMENTACIÓN.—Aunque la arena es movediza y huye al comprimirla cuando está libre, no sucede

lo mismo si está encerrada; y se ha pensado en emplearla como cimiento en terrenos que no son muy blandos, pues en ellos la misma movilidad de la arena reparte la presión que sobre ella se ejerce, no solamente en una dirección vertical sino también en sentido horizontal, y esta presión que obra contra las paredes de la zanja alivia considerablemente la que se dirije al fondo. En un terreno muy blando la arena encontraría huecos y huiría ó se hundiría; pero cuando el suelo, aunque blando, tiene la consistencia suficiente para contener la arena, ésta presenta muchas ventajas por su economía y por la solidez que da á la obra.

La arena, como cimentación, se emplea de dos maneras: en capas ó en pilares ó postes.

552. Para el primer procedimiento, ó sea para hacer un cimiento corrido con arena, se empieza por cavar el terreno blando de la zanja hasta 60 ó 90 centímetros de profundidad: se echa la arena por capas, apisonándola bien á medida que se va echando para obligarla á que se aloje entre las paredes de la excavación. Si este trabajo se hace bien, el asiento que pueda producirse en la fábrica superior se hará uniformemente. La superficie superior de la capa de arena se protege empleando ciertos materiales ó empedrándola, teniendo cuidado de que la fábrica se encuentre á una profundidad tal que no la puedan perjudicar las aguas procedentes de la superficie superior del suelo ú otra causa cualquiera de destrucción.

553. La arena en forma de pilotes se emplea como se ha dicho para los de hormigón (550), pero en terrenos que no sean movedizos ó húmedos, pues si así fuese, la arena se abriría paso á través del terreno inmediato. Como en los pilotes de hormigón, la arena se apisona aquí fuertemente á fin de que ocupe enteramente el agujero practicado por el pilote. Cuando la solidez de los pilotes de arena se debe á la presión del terreno por la elastidad de éste, la cimentación de que tratamos es preferible á la usada por pilotes de madera de que se ha de tratar en el artículo siguiente, pues que éstos no ejercen su presión más que verticalmente mientras que los de arena la comunican en todos sentidos y obran por lo tanto en una gran extensión. Hechos los pilotes de arena, se establece sobre ellos un entablonado ó una capa de hormigón ó de mampostería para impedir que la arena pueda levantarse y escapar por consecuencia de la presión lateral que el terreno ejerce. Es bueno extender una capa de piedra ó ladrillo partido, grava ú otro material semejante que sea duro encima de la superficie de los cimientos.

554. Se han hecho también machones de arena *(fig. 246)*, abriendo en el terreno hoyos de un metro en cuadro en el fondo y $1^{m}60$ de profundidad, que se han rellenado de arena bien apisonada hasta obtener un metro de altura. Sobre ella se establecen dos hiladas de mampostería de 30 centímetros de grueso cada una, siendo el ancho y largo de la inferior un metro y el de la superior 80 centímetros. Sobre ésta se sentó un sillar de 60 centímetros en cuadro por 40 de altura para sustentar un pilar de 50×50 centímetros.

Puede aplicarse esta cimentación en terrenos sin consistencia, donde sería difícil abrir zanjas para fundar sobre un macizo seguido de arena y en los cuales además los desprendimientos se habrían de mezclar con la arena á no emplear un encajonado que las contuviese.

555. CIMIENTOS SOBRE ARENA.— Se funda inmediatamente sobre la arena movediza ó sobre la arena líquida, cuando se presentan capas de gran espesor, por el método siguiente:

Se desmonta la tierra hasta encontrar la arena sólo en la extensión que los albañiles puedan cubrir durante un día. En cuanto sea posible, se evita el bajar la base de la fábrica á la arena; pero si fuera necesario, después de terminada la operación precedente, se efectúa la excavación en la arena en una longitud de $1^{m}20$ á $1^{m}50$ y se da á la zanja la profundidad menos el espesor de la primera hilada de fábrica. Hecho esto con la mayor prontitud posible, un albañil abre en una de las extremidades de la zanja el lugar necesario para sentar la primera piedra y la coloca enseguida con una tortada de mortero. Prepara inmediatamente el lugar para colocar otra piedra que sienta así que lo ha hecho, continuando hasta formar la primera hilada.

Así que esta hilada tiene la longitud necesaria, otro albañil forma sobre ella la segunda mientras el primero sigue con la suya, y cuando el segundo ha adelantado lo bastante, entra un tercer albañil con la tercera hilada, y así sucesivamente adelanta la obra por gradas hasta enrasar con la superficie del terreno.

Desde que el primer albañil ha llegado al extremo de la zanja abierta en la arena, ó un poco antes, se abre una nueva á continuación de la anterior y se continúa así la obra sin interrupción.

Toda esta construcción debe hacerse á baño refluyente de mortero hidráulico de la mejor calidad, y no debe alarmar el que se vean flotar las primeras hiladas pareciendo no poder tomar consistencia, pues que los morteros fraguan rápidamente y las dan firmeza muy pronto.

556. FUNDACIONES EN CHICAGO.—Merece especial mención lo que se refiere á los cimientos de los edificios en esta población de los Estados Unidos, cuyo crecimiento es tan asombroso.

El terreno consiste en una capa de arcilla margosa, bastante firme en la superficie, en la que soporta sin inconveniente una carga de 10 á 15000 kilogramos por metro cuadrado, pero que á medida que se ahonda disminuye en resistencia, siendo casi nula á la profundidad de 3ᵐ50 á 5ᵐ50, pues se vuelve tan blanda que es incapaz de soportar peso alguno: en la orilla del lago Michigán, esta misma capa de arcilla descansa sobre un banco de cieno, siendo precisamente este sitio donde se encuentra el barrio de los negocios con sus inmensos edificios ó almacenes de seis y diez pisos llenos de mercancías.

Se empezó por establecer los cimientos con una zarpa de 0ᵐ30 á cada lado de las paredes y no se consiguió con esto proporcionarle la necesaria solidez. Después se dió á los cimientos una anchura proporcional á las cargas y tampoco produjo buenos resultados. Se ideó la fundación de todo el edificio sobre una capa de hormigón de 0ᵐ80 á 1ᵐ de espesor y las paredes de la casa de correos donde se adoptó este procedimiento se agrietaron por todas partes y ni una hilada de ladrillo quedó horizontal.

557. Hoy se ha adoptado el medio de elevar los edificios sobre pilares aislados dando al cimiento de cada uno de éstos la anchura proporcionada al peso que ha de sostener, teniendo además en cuenta el asiento propio de las fábricas, la cual varía no solamente según la sobrecarga, sino también según la naturaleza de los materiales que componen las paredes. Por esta razón, en un mismo edificio, la base de los cimientos de un muro de ladrillo, por ejemplo, tiene que ser proporcionadamente mayor que la de los cimientos de una línea de columnas de hierro por que éstas son incomprimibles. Por otro lado, siendo el suelo más comprimible á medida que se profundiza y siendo necesarios los sótanos, había que disminuir en lo posible el espesor del cimiento de cada pilar para que sin tener mucha profundidad se encontrase debajo de los sótanos. La solución se ha encontrado en el empleo del acero embebido en hormigón.

Para ello, en el sitio de cada pilar, después de hecha la excavación, se extiende una capa de hormigón de 45 á 50 centímetros de espesor con el ancho que le corresponde. Sobre esta capa se colocan carriles distantes entre sí de 15 á 20 centímetros en sentido de la longitud del cimiento. Encima se coloca otra hilada de carriles en sentido transversal á los primeros de manera que cubra la superficie de la inferior y sobre esta segunda hilada se coloca otra tercera y hasta una cuarta, y después se echa hormigón suficiente para que en él queden embebidos los carriles.

Las paredes se enlazan luego sólidamente unas con otras, terminando las vigas de los suelos en anclas y se ciñe el edificio á ciertos intervalos con cinchos de hierro. De esta manera, queda todo dispuesto para que no pueda producirse ningún movimiento en un punto sin que participe de él toda la construcción como si fuera de una sola pieza.

El asiento del suelo, que termina al cabo de tres años, no excede generalmente de 10 á 12 centímetros con este procedimiento.

558. En Inglaterra se han hecho cimentaciones de un modo análogo al seguido en Chicago. Sobre una base de hormigón hecho con cemento Portland, se han colocado barras cuadradas retorcidas de hierro, de 37 ᵐ/ₘ de grueso, que quedan empotradas en el macizo de hormigón, aunque bastante altas con respecto á la base del cimiento, porque el esfuerzo de tensión á que están sometidas está en esta parte.

559. Se han hecho cimientos sobre terrenos sueltos, aplicando el cemento en polvo que se inyecta por medio del aire comprimido, del vapor ó de la presión hidráulica. El inyector lo envía á un tubo agujereado por el intermedio de otro flexible: el primero se introduce á la profundidad deseada y el cemento inyectado sale por los orificios y se incrusta en el terreno llevándose por delante el agua que éste contiene. Para que produzca su efecto el cemento, debe encofrarse el terreno por medio de tablestacado que evite la salida del cemento fuera del espacio que ha de consolidarse.

560. FUNDACIONES SOBRE TERRENOS DE RESISTENCIA DESIGUAL. — En los cimientos sobre terrenos cuya naturaleza y resisten-

cia no son las mismas, el asiento tampoco es igual; y es por lo tanto difícil regularizarlo, aun tomando todas las precauciones imaginables.

Pero como la pesantez que produce el asiento está en razon inversa de la superficie que abraza la carga, se comprende que en terrenos de distinta compresibilidad podrán hacerse asientos iguales extendiendo las bases tanto más cuanto más compresibles sean.

561. En ciertos casos, la percusión podrá dar algunas indicaciones útiles sobre este punto. En efecto, si queremos edificar un muro que pesa 24000 kilogramos por metro lineal y que al lado de un terreno donde el pisón de 50 kilogramos de peso con $0^{m2}04$ de superficie chocante y cayendo de $0^{m}30$ de altura produce una depresión de $0^{m}03$ con la que hemos visto que $e = 1^{m}745$ (546) hay otro terreno donde el mismo pisón en las mismas condiciones ocasiona un asiento de $0^{m}05$, tendremos por la fórmula del mismo párrafo:

$$e = \frac{24000^{k} \times 0^{m2}04}{50^{k}\left(\frac{0^{m}3}{0^{m}05} + 1\right)} = 2^{m}743$$

que será el espesor del cimiento en este punto en vez de $1^{m}745$ necesario en donde la depresión era de $0^{m}03$.

Este mismo procedimiento puede aplicarse en terrenos uniformemente compresibles pero donde la carga varía en cada punto; siendo claro que la anchura de la base debe ser en este caso proporcional á la carga.

562. Estos aumentos en la anchura de la base no bastan en algunos casos, y entonces es preciso acudir á otros medios, como el de aliviar las partes malas por medio de arcos de descarga apoyados sobre el terreno más resistente que haya al lado.

La arena en algunos casos ha salvado estos inconvenientes, y Demanet dice haber fundado un muro que descansaba en parte sobre un terreno arcilloso muy fuerte y firme y en parte sobre uno de fango casi líquido, estableciendo sobre este un macizo de arena apisonada de 1^{m} de espesor, enrasado con el fondo de la zanja abierta en terreno arcilloso y sobre él un emparrillado ligero de madera de haya, cuya extremidad descansaba unos 2^{m} sobre el fondo arcilloso. La fábrica levantada encima, no hizo el menor movimiento, y segun añade, el emparrillado podía haberse evitado. Asimismo, se ha fundado parte sobre antiguas fundaciones y parte sobre un macizo de arena no habiéndose observado el menor cuarteo en el edificio.

ARTÍCULO IV

Fundaciones sobre pilotaje.

563. CIMIENTOS CON PILOTAJE DE MADERA.— Á pesar de los inconvenientes que la madera presenta para su conservación, se establecen fundaciones empleando filas de *pilotes A, A, (fig. 247)* que se hincan á golpe de maza en el terreno flojo hasta alcanzar inferiormente un terreno firme y penetrar algo en él, ó si esto no es posible para que se encuentren sostenidos por la presión lateral y el rozamiento del terreno poco consistente.

Esta cimentación se establece después de practicada la excavación de las zanjas hasta cierta profundidad para librar á la madera de las variaciones atmosféricas, ó sea de la sequía y de la humedad alternadas.

564. Los pilotes, como se ha indicado (542), son maderos terminados en punta por un extremo *(figura 248)*, sumamente rectos y de sección generalmente redonda que es como tienen más fuerza, siendo troncos de árboles desprovistos únicamente de la corteza. La cabeza superior que ha de recibir los golpes para su hinca se corta bien á escuadra, y la punta se endurece requemándola ó se fortifica calzándola con una especie de regatón de hierro con punta *aza*, llamado *azuche*, que puede ser de fundición *(fig. 245)*. Las cabezas de los pilotes se unen por medio de un emparrillado *(fig. 247)* formado de traveseros *b, b' b'*, ensamblados con los pilotes y con los durmientes ó largueros *dd, d'*. Sobre esta parrilla se clava después un entablonado en el que descansa la fábrica superior.

Los largueros y traveseros se ensamblan entre sí por cajas poco profundas á fin de no disminuir su solidez, y con los de orilla á media madera ó al tercio con ó sin refuerzo. Con los pilotes se ensamblan á caja y espiga habiendo un ensamblaje especial para ello. La caja se abre en forma de cola de milano *abdc (fig. 249)* dando á la espiga *a'b'd'c'* una anchura igual á la entrada *ac* de la caja. En la cabeza de la espiga *b'd'* se introducen dos cuñas *o, o*, de manera que cuando la espiga entre en la

caja tropiecen en el fondo de ésta *bd* clavándose en la espiga y abriéndola para que forme la cola de milano tal como se indica en la sección de la derecha.

No es indiferente que sobre los pilotes descansen los largueros ó los traveseros, sino que su colocación debe subordinarse á que el eje longitudinal de las cajas esté dispuesta en el sentido de la longitud de la pieza en que se abran y á que las espigas ó botones de los pilotes tengan su mayor lado en el sentido del empuje que produzca la obra superior. Según esto, si las presiones se dirijen lateralmente á la construcción, los traveseros deben formar la capa inferior y ensamblarse á los pilotes, y al contrario cuando las presiones se ejerzan paralelamente á los largueros.

Ordinariamente se da á los largueros una escuadría de 20 á 25 centímetros por 25 á 30, que se aumenta hasta 30 ó 35 en los de orilla. Los traveseros tienen de 20 á 30 $^{c}/_{m}$ por 25 á 35 y el entablonado se hace con tablones de 8 á 11 $^{c}/_{m}$ de grueso por 25 á 30 de tabla. La escuadría de los pilotes ó su diámetro se fija de manera que entre todos puedan soportar con seguridad el peso de la construcción superior.

565. Con el pilotaje se pretende establecer un cuerpo intermedio entre la obra y el terreno firme, transmitiendo la presión de aquélla á éste por el intermedio de los pilotes y haciéndose al mismo tiempo más compacto el terreno flojo intermedio, pues que ocupando los pilotes y la tierra el mismo espacio que antes llenaba esta sola, es claro que queda más apretada.

La dirección de los pilotes debe ser paralela á la resultante de la carga, la cual generalmente es vertical. Conviene dar á los que forman el contorno exterior ó sea á los pilotes de orilla ó de cerca una posición algo inclinada para formar una triangulación que dé mayor estabilidad. Asimismo, como en terrenos fangosos principalmente, los pilotes podrían desviarse á uno ú otro lado, se acostumbra para evitarlo á desmontar el terreno flojo de la parte superior de los pilotes y reemplazarlo con cascajo ó morrillo y todavía mejor con un macizo de hormigón.

566. Cuando hay necesidad de alargar los pilotes porque no llegan á la capa de terreno firme se asierra la parte destrozada por la maza y se empalma un trozo de madero á media madera *figura 250* ó del modo indicado en la *(fig. 251)*, dando al empalme de 40 á 50 centímetros de longitud y asegurándolo siempre con cinchos. Pero es preciso tener sumo cuidado de que descansen y ajusten bien los cortes de madera para que con el maceo no se abran y por lo tanto es preferible aserrar perfectamente á escuadra la cabeza del pilote y la del suplemento, de modo que ajusten bien y sujetarlos en su unión por medio de una espiga de hierro *ee (fig. 252)*, fortificando además el empalme con bandas de hierro *bb*, *b'b'*, sostenidas por cinchos *C*, *C'*. Se compone también este herraje *(fig. 253)* de un cincho fuerte de 10 á 11 $^{c}/_{m}$ de anchura cuya sección es *a*, *a*, el cual entra en las dos cabezas que se empalman, y de un pitón *p* que se mete en ambos pilotes abriéndoles antes un pequeño agujero. Si la maza es de gran peso, se interpone además entre ambas cabezas perfectamente planas, un disco de hierro *dd* con el cual se impide la compresión recíproca de las dos superficies horizontales de los pilotes.

Estos empalmes deben evitarse en lo posible por la poca resistencia que presenta en este caso el pilote, y si hay necesidad de que tengan más de 7 á 8 metros de longitud se deben adoptar otra clase de pilotes como los de hierro, macizos ó huecos.

567. MÁQUINAS EMPLEADAS PARA LA HINCA DE LOS PILOTES DE MADERA.— La hinca de los pilotes, cuando el terreno opone poca resistencia, puede hacerse con un mazo ó con la maza *(fig. 223)* destinada á hacer las calicatas. Generalmente, sin embargo, hay que recurrir á otras mazas de mayor peso y entonces se adopta un aparato llamado *machina* ó *martinete*. Tres clases hay de martinetes: *de tirantes*, *de torno* y *de vapor*.

El martinete *de tirantes* ó *de brazo* consiste en dos almas ó jimelgas *A*, *A*, *A' (fig. 254)* distantes unos 12 centímetros una de otra, ensambladas á una solera *S* y afianzadas por dos tornapuntas *T*, *T*, llamadas ancas y por codales *C*, *C*, llamados costillas. Las cabezas de las almas se aseguran á un travesaño *B*. A las almas se ensamblan dos piezas *ec* separadas por un tarugo y sobre las que se apoya el eje de una rueda *R*. Del punto *e* parte un puntal *ef*, cuyo objeto es mantener verticales las almas y poder servir de escalera hasta la parte superior, para cuyo objeto está atravesado en toda su longitud por clavijas. Se apoya por la parte inferior en una pieza *H* en forma de horquilla, llamada cola de la machina, ensamblada á su vez en la sole-

ra *S*. La maza *M, M'*, cuyo destino es clavar el pilote *P, P'*, suele ser de hierro ó de un gran trozo de madera guarnecido de cinchos de hierro con un peso total de 200 á 400 kilogramos para clavar pilotes y de 100 á 200 para tablestacas. Se admite generalmente que el peso debe ser el doble de la carga que ha de soportar cada pilote. La maza lleva por la parte trasera dos espigas ó aletas *a, a*, que pasan por entre las almas, detras de las cuales se meten dos llaves; por manera que la maza sube y baja á lo largo de las almas que le sirven de correderas. Para disminuir este rozamiento están constantemente untadas con grasa ó sebo.

Por la rueda *R* pasa una cuerda ó maroma que coge por un extremo la maza y que está terminada por el otro en 30 cabos de cuerda ó más, á cada uno de los cuales se agarra un peon y á voces acompasadas suben la maza á la vez, dejándola caer de pronto. Ordinariamente dan treinta golpes seguidos y á compás á lo cual se llama una *andanada* y se da el nombre de *hinca* á la cantidad de pilote que penetra en el terreno en cada una. Generalmente se exigen á los obreros diez golpes por minuto dando seguidos los treinta de la andanada; pero con el descanso que hay que darles resulta un efecto útil de seis golpes por minuto. Cada andanada dura de 3 á 4 minutos de los que 2 son de descanso y tiempo perdido, de modo que en las 10 horas de trabajo escasamente se dan 125 andanadas de 30 golpes.

A consecuencia de la desviación que sufren los cordeles, la resultante de las fuerzas que desarrollan los peones queda muy disminuida y para que sea esto lo menos posible, pueden atarse los cordeles á un aro horizontal sujeto á la maroma por su centro, ó dividir los peones en dos grupos que tiran de dos cables dirigidos por poleas divergentes.

Con esta clase de machinas, el esfuerzo de cada hombre es solo de 13 á 18 kilogramos á una velocidad de $0^{m}20$ por segundo durante seis horas y no se puede levantar la maza sino lo que los peones pueden inclinarse que es de $1^{m}30$ á $1^{m}50$, siendo también imposible emplear mazas de más de 400 kilogramos de peso porque la reunión de tantos peones sería embarazosa y menos aprovechable su acción la cual se haría entonces más oblícua.

568. Para obviar los inconvenientes de los martinetes de tirantes, se modifica el aparato anterior haciéndolo *de torno*, en el cual, se arrolla la maroma. La maza, en este caso, puede elevarse todo lo que se quiera á lo largo de las almas y para conseguir su caida instantánea se suspende con unas tenazas *(fig. 255)*. Estas se hallan suspendidas por su eje de giro y por medio de las armas *ab* á las que se ata la maroma; la maza se agarra mediante un resorte *R* que mantiene cerrados los brazos de las tenazas. En la parte superior de las almas del martinete, se fijan dos piezas de madera *B, B*, dispuestas de modo que su intervalo estrecha hacia arriba, consiguiéndose con ello que al llegar las tenazas á este punto se cierran los brazos superiores mientras se abren los inferiores dejando escapar la maza que sujetaban.

Este aparato hace perder algun tiempo en bajar las tenazas después de la caida de la maza para volver á agarrar ésta y se ha ideado, para evitarlo en lo posible, el uso de un *torno (fig. 256)* cuyo piñón *P, P'*, es susceptible de recibir un movimiento de traslación horizontal en dirección de su eje *aa* desengranando ó engranando los dientes con la rueda *R, R'*. Para elevar la maza se engrana el piñón con la rueda y se actúa con las cigüeñas ó manubrios *M, M* ó con palancas ó tambor hasta que la maza ha llegado á la altura que se desea; entonces se sujeta la rueda *R*, por medio de la uña *E* y esto permite desengranar el piñón, lo cual hecho, se separa la uña, y la rueda y árbol del torno, ya libres, ceden al peso de la maza que cae á golpe, desarrollándose con gran velocidad la maroma ó cadena. Excusado es decir que en este caso, la maroma va sólidamente unida á la maza sin el intermedio de tenazas.

569. En los martinetes *de vapor* se aprovecha éste para dar movimiento al torno ó á la maza. Tienen sobre los de tirantes y de torno la ventaja de que además de hacer una hinca más rápida, impiden mejor las desviaciones laterales del pilote, porque siendo el choque más considerable tienen menos influencia los obstáculos accidentales que originan las desviaciones. Cuando los trabajos son de importancia proporcionan economía en su empleo, empleándose mazas de 2 á 3000 kilogramos.

570. SISTEMAS SEGUIDOS EN LA HINCA DE PILOTES DE MADERA.—El pilote que se ha de clavar se coloca verticalmente delante de las dos almas del martinete y debajo de la maza, asegurándolo en su posición por cuñas. La maza se deja descender suavemente al principio para que por su peso solo, clave poco á poco el pilote en el terreno y pueda asegurarse que su dirección es la

debida. La hinca de los pilotes inclinados exige que el martinete tenga sus almas en la inclinación que se desee y entonces la maza baja por un plano inclinado.

Aconsejan algunos autores que debe empezarse la hinca por los pilotes del centro llamados de relleno, clavando los últimos los de orilla, pues que de no hacerlo así, el terreno del interior, comprimido por todas partes, se resiste al maceo de los pilotes y es imposible introducirlos lo necesario, y que solo cuando el objeto del pilotaje es comprimir el terreno conviene empezar por la orilla y terminar por el centro.

Otros autores dicen, por el contrario, que debe principiarse por clavar los pilotes exteriores, continuar por los del interior y terminar con los intermedios en atención á que la hinca de los exteriores comprime igualmente el terreno por ambos lados de suerte que los pilotes que entre ellos deban clavarse encuentran más firmeza en el terreno y no necesitan profundizar tanto como los del contorno. Mas si los intermedios ó del medio se hincan primeramente, los de la fila exterior encuentran después más resistencia al ser introducidos á plano por la acción de la maza, y comprimiendo lateralmente el terreno del medio ya comprimido, lo levantarán haciéndolo movedizo, lo cual conmovería los pilotes del centro.

Cuando un pilote se desvía de una manera notable, es difícil reponerlo en su posición y es en este caso más conveniente arrancarlo por medio del tornillo y demás medios indicados (525) ó sirviéndose de la machina de torno.

571. PRECAUCIONES EN LA HINCA DE PILOTES DE MADERA.—Como sobre los pilotes gravita todo el peso del edificio, es indispensable hincarlos hasta el terreno firme y sólido y á rebote de maza. En esto último debe andarse con mucho cuidado, pues no está clavado á rebote sino cuando dándole con la maza algunas andanadas, se ve que en ninguna entra más de dos centímetros. En cimentaciones de importancia, no se consideran estables los pilotes sino cuando no descienden más que de 2 á 3 milímetros en tres andanadas seguidas.

Hay, sin embargo, que no confundir el rebote absoluto con el aparente, para no tomar el uno por el otro y comprometer la solidez de la obra, pues se ha observado que en ciertos terrenos, el pilote parece haber llegado al rebote absoluto después de haberse hincado fácilmente hasta cierta profundidad; pero que si después de pasado algún tiempo se vuelve á macear, entra de nuevo con mayor ó menor facilidad. Esto sucede con los terrenos de turba; y cuando hay que atravesar terrenos de esta clase, se macea sucesivamente cada pilote hasta notar el primer rebote; hincada así toda la fila se vuelve á macear el primero y á continuación los demás hasta notar el rebote, continuando así hasta perforar ó atravesar el banco de turba. Es conveniente también dejar descansar el pilote algún rato después del maceo y volver luego para asegurarse de que es el rebote absoluto.

Cuando el terreno es de mucha miga, se distingue bien uno de otro rebote; porque cuando es aparente, la elasticidad de la tierra echa fuera el pilote y cuando llega al terreno firme, el golpe es seco y claro y es rechazada la maza con más ímpetu por la misma elasticidad del terreno y reacción de las fibras del pilote. Además, esta clase de terreno no consiente más que cierto número de pilotes y siempre que se hincan más se salen los primeros según van maceándose los últimos.

Hay un medio para evitar que suceda esto en terrenos arcillosos, donde no entra el pilote sino en tanto se levanta el terreno para hacerle lugar y consiste en clavarlos con la extremidad gruesa hacia abajo; porque cuando los pilotes se clavan con la parte gruesa arriba, la trepidación producida por el maceo de los pilotes próximos, saca los ya hincados; lo que no sucede cuando se hincan por la parte gruesa, pues en este caso, la misma trepidación obra el efecto contrario contribuyendo á su mayor hinca. Se remedia también este inconveniente practicando hacia la punta entalladuras dispuestas de modo que no entorpezcan la hinca y se opongan á la salida del pilote. Conviene para mayor seguridad hacer el maceo con mazas de diferente peso empezando por las que lo tengan menor.

Un medio empleado con éxito para introducir los pilotes en arena compacta consiste en disponer el extremo de un tubo delgado en la punta del pilote y arrojar agua con fuerza mediante una bomba impelente. El agua al salir por el tubo desplaza constantemente la arena delante del pilote haciendo sitio á éste, el cual desciende por su propio peso y el de una maza que lo comprime.

572. PILOTES DE HIERRO CON ROSCA. —En algunas fundaciones de condiciones difíciles se ha dado aplicación á unos pilotes de hierro en los cuales la extremidad que ha de entrar en el te-

rreno tiene la forma helizoidal representada en las *figuras 257* y *258*, con la que adquiere el pilote una gran estabilidad y una resistencia proporcional á la superficie de terreno que abraza el círculo descrito con el diámetro de las hélices y que es de 0m61 á 1m22. Estas roscas debidas á Mitchell quizá lleguen á tener su conveniente aplicación en fundaciones ordinarias, cuando las dificultades de la cimentación compensen el gran coste de ellas, debido á su gran peso de 120 á 300 kilogramos.

Como se ve, su disposición permite que puedan penetrar á través de toda clase de terrenos y que llegada la rosca á estar empotrada en una capa de terreno resistente, tenga estabilidad completa.

En terrenos poco resistentes, la rosca es ancha y sus filetes dan pocas vueltas teniendo un paso de 25 á 30 c/m; pero en terrenos muy duros ó roca se les reduce á una especie de taladro cónico de filetes salientes cuyo paso es de unos 20 c/m con cierto número de vueltas, según se ve en la *fig. 258*.

573. La hinca ha de verificarse por rotación, para lo que tiene que colocarse en la extremidad superior del pilote la cabeza de un cabrestante con sus palancas á la conveniente altura para poder trabajar, las cuales tienen á veces 10 y 12 metros de longitud.

Las cabezas de los pilotes deben estar á un nivel para lo cual antes de hincarlos se les da la longitud que pida el sondeo del terreno. Dichas cabezas se coronan con otras piezas de hierro de forma muy variable las cuales sirven de puntos fijos para el arriostrado que enlaza todos los pilotes y constituye el emparrillado.

ARTÍCULO V

Fundaciones hidráulicas.

574. Aunque pocas veces ocurre en edificios fundar dentro del agua, debemos, sin embargo, dar algunas nociones de los procedimientos más comunmente adoptados en este caso.

Dos son los que pueden ofrecerse en la ejecución de los cimientos de un edificio que nos obliguen á hacer hidráulicas las fundaciones: 1.°, cuando el terreno es tan húmedo que da lugar á filtraciones ó manantiales, y 2.°, cuando la fundación ha de establecerse dentro del agua.

575. CIMIENTOS HIDRÁULICOS EN ZANJAS.—Si el agua se presenta en la apertura de las zanjas para cimientos y puede extraerse ó *agotarse*, la construcción exige solamente que se haga la obra con morteros hidráulicos y con la mayor rapidez posible para que no se interrumpa su fraguado y para aprovechar el tiempo en que no hay agua, pues su extracción es generalmente de gran coste.

Las paredes de las zanjas necesitan generalmente grandes acodalamientos para no desmoronarse con la humedad que las socava y se practican como ya se ha indicado (533), aunque con más esmero y cuidado.

Las aguas se hacen acudir al punto más bajo del terreno y en este sitio se practica en el fondo de la zanja un hoyo donde se reunan y pueda sumergirse el chupón de la bomba que las ha de sacar ó llenarse las vasijas con que se haga esta operación á mano, si esto es posible. Como el curso de las aguas á lo largo de las zanjas arrastraría el mortero, se debe evitar este riesgo conduciéndolas por una reguera practicada á un costado del cimiento, á cuyo efecto se hacen las zanjas de mayor anchura que la necesaria para el cimiento. En algunos puntos podrán evitarse los agotamientos si el terreno está en declive y pueden salir las aguas naturalmente abriendo una zanja que las conduzca á un punto más bajo que el fondo de las excavaciones ó zanjas de cimientos.

Cuando la obra del cimiento llega á la altura de las filtraciones más superiores, conviene rellenar con buena tierra ó con fábrica el exceso de anchura que se haya dado á la zanja para la apertura de la reguera y seguir la obra superior, la cual, si no son de temer las humedades, puede terminarse con mezcla común.

576. CIMIENTOS SOBRE TERRENOS FANGOSOS.—Los procedimientos explicados hasta aquí son insuficientes cuando se trata de terrenos fangosos; en este caso puede adoptarse la formación de un macizo de piedras irregulares de gran tamaño llamado *escollera*, cuyas piedras se echan á granel y se entierran por su propio peso desalojando y comprimiendo el fango que se halla debajo. Se continúa arrojando piedra hasta que la masa no experimenta ya asiento alguno; en cuyo caso se enrasa de nivel por la parte superior para poder establecer la primera hilada de la fábrica, siendo muy conveniente cargarla luego de un peso equivalente al de la obra. Este enrase se acostum-

bra á hacer con hormigón, que es la fábrica que más se amolda á cubrir é igualar las irregularidades de la escollera.

Las escolleras han sido algunas vez sustituidas por un macizo de tierra de buena calidad perfectamente apisonada y también por una capa de arena de un metro de espesor encajonada en muretes de mampostería de 0^m50 de grueso y echada sobre una base perfectamente horizontal. La arena muy pura se echaba por capas de 0^m25; siendo conveniente que la primera sea más gruesa, si hay temor de que mezclándose con el fango al apisonarla se convierta en un caldo movible. Estas capas se apisonaban con un pisón plano ó por medio de un riego copioso, con el objeto de obtener el máximo de compresión de la materia. Sobre este macizo se extendió una tongada de hormigón de 0^m50 de espesor, encima de la que se estableció la primera hilada de la fábrica.

577. FUNDACIONES POR MEDIO DE LA DINAMITA.— La propiedad que tiene esta sustancia de producir en su explosión un efecto puramente local y obrar con una fuerza casi igual sobre todo el perímetro de la explosión, cualquiera que sea la naturaleza de los cuerpos que la rodean, hierro, madera, tierra ó aire, se ha aprovechado para abrir pozos que se han rellenado después con hormigón.

En el nuevo recinto de Lyón (Francia) el terreno es de aluvión trastornado por las inundaciones del Ródano, y se compone de una arena arcillosa muy permeable y muy fina, ennegrecida por las filtraciones del agua y cargada de materias orgánicas procedentes tanto de la atmósfera de Lyón como del estiércol que se reparte abundantemente en las llanuras vecinas. Este terreno tiene tal abundancia de agua que forma un lodo pegajoso, cuya extracción con la pala es larga y difícil, llegando hasta unos 2 metros de profundidad donde descansa sobre un banco de cascajo rodado de profundidad infinita.

La cimentación de un muro en talud se ha practicado abriendo pozos á 6 metros de distancia unos de otros, que se han rellenado de hormigón para estribar en ellos unos arcos de la misma clase de fábrica. Para cada pozo se abre un barreno en su centro con una barra ó barrena hueca que penetra en poco tiempo hasta la grava, y en el agujero se introduce un rosario de cartuchos de 100 gramos de dinamita fijado sobre un listón de madera que, cuando hace explosión, produce en el cieno arcilloso un pozo cilíndrico *(fig. 259)* de paredes lisas, de un diámetro de 1 á 1^m20 y una profundidad igual á la longitud del rosario de cartuchos, disminuida en 15 por 100 por consecuencia de la caida de una parte de las tierras arrojadas por la explosión. Ésta comprime tanto el terreno suelto que las paredes se sostienen verticales para permitir que entren los trabajadores á limpiar los escombros, y el agua es rechazada á una distancia tal que tarda media hora en volver al pozo. En este tiempo se introduce á golpe de mazo un tambor de palastro de 4 $^m/_m$ de grueso por 1^m10 de diámetro y 1^m50 de longitud é inmediatamente entra un operario á limpiar el fondo del pozo mientras otros dos cuidan de hundir progresivamente el tambor y otro obrero despeja de escombros los bordes, teniendo presente que, así que se llega á la capa de grava, sale con violencia el agua y no permite ya trabajar. Se hace el agotamiento del agua con una bomba y se echa el hormigón empezando á sacar el tambor cuando está á medio llenar, pues entonces habrá tomado cuerpo el hormigón inferior. La parte superior del relleno habrá que cortarlo después, según dos planos inclinados *ac* para recibir los arcos.

578. EXCAVACIONES DENTRO DEL AGUA Ó DRAGADO.— Cuando hay que fundar sobre terrenos cubiertos de agua, sucede como en los terrenos secos, donde la costra superior de tierra no reune condiciones de resistencia suficiente para fundar sobre ella y es preciso, por lo tanto, extraerla.

Esta operación se practica fácilmente con las herramientas ordinarias, cuando la altura del agua no pasa de medio metro; pero si es mayor hay que apelar al empleo de aparatos llamados *dragas*. La más sencilla de éstas, denominada *de bolsillo*, consta de un aro de hierro provisto de un mango *(figura 260)* con un pico acerado *d* en el borde y al que además va clavado ó cosido un saco de lona fuerte *S*, en el que se extrae la arena fina, el fango y demás materias sin consistencia, dejando paso al agua. La draga *de mano (fig. 261)* es una caja de palastro agujereada, cuyo canto *aa* está acerado y con dientes para dragar los suelos arcillosos, de grava, etc.

Tiene como la anterior un mango, y para que pueda extraerse la tierra con ella, hay que removerla con un bielmo ú horquilla que sirve, además, para empujar la draga, ayudando al que la lleva

para llenarla. En obras importantes, las dragas son máquinas movidas generalmente por vapor, de las que no debemos ocuparnos.

579. CIMIENTOS DENTRO DEL AGUA SOBRE PILOTES.—Se emplea el *pilotage* cuando no es fácil excavar el fondo, ó el terreno firme se encuentra á gran profundidad y no conviene extraer el agua. Los pilotes se cortan por bajo de las aguas para que su cabeza, así como el emparrillado, se encuentren siempre sumergidos. El espacio que comprenden los pilotes en la parte sumergida, se rellena con escollera ó piedra partida ó con hormigón tendido en varias capas, cuidando de que, sea un macizo sea otro, abarquen más allá del espacio de los pilotes para no dar lugar á movimientos ó socavaciones. Este procedimiento tiene poca aplicación, empleándose actualmente los pilotes de rosca de hierro ya descritos (572).

580. CIMIENTOS EN EL AGUA EMPLEANDO ESCOLLERA.— La escollera (576) sirve en ocasiones de cimiento, arrojándose unas veces la piedra sin preparar el fondo que ha de servir de base y dragándolo otras para quitarle el mal terreno. La piedra, aunque irregular, se procura que presente una forma algo cúbica y que al dejarla caer se enlace con las inmediatas destinando las más grandes y resistentes á los puntos más expuestos. Los intersticios se rellenan con piedras más menudas, y el légamo, tierras ó arenas que arrastran las aguas, introduciéndose entre los huecos que dejan las piedras, dan, al cabo de algún tiempo, trabazón y estabilidad á la obra. El volumen de las piedras mayores es en los ríos de un décimo de metro cúbico ó poco más, mientras que en ciertos sitios del mar llegan á tener 15 y 20 metros cúbicos con un peso de 30 á 40 toneladas. La escollera, después de enrasada de nivel por su parte superior, se deja descansar por lo menos un año antes de construir sobre ella, con objeto de que haga su asiento natural. Pasado este tiempo, se limpia la superficie superior, se enrasa horizontalmente con hormigón y se puede levantar ya la obra superior.

581. CIMIENTOS DE HORMIGÓN SUMERGIDO.—En aguas mansas pueden construirse los cimientos arrojando en ellas hormigón hidráulico después de dragado el fondo para descubrir el terreno firme. El hormigón se sumerge de varias maneras.

Se le deja escurrir lo más suavemente posible en el agua, primero hasta formar un montón y después haciéndole deslizar por el talud que éste toma, para lo que se le ayuda con batideras. De este modo se avanza de atrás adelante, para que el agua se vaya llevando la lechada ó sea la cal desleida que no tiene fuerza alguna, así como el limo ó légamo, cuyas materias conviene extraer de cuando en cuando si no hay corriente que las arrastre. Lo mismo debe hacerse en el pie del talud, donde también se deposita extrayéndola con una draga de mano ó por medio de una bomba.

El hormigón se echa otras veces por medio de cajones que lo pueden verter volteándolos ó abriendo su fondo cuando están en el sitio conveniente. La inmersión debe hacerse sin sacudidas á fin de evitar toda pérdida; el cajón ha de bajar completamente lleno, y una vez vertido el hormigón, se iguala con la batidera, alisándolo para que se oponga mejor á la penetración del agua en la masa.

Si la profundidad del agua es mayor de dos metros, el hormigón se debe sumergir en tolvas para que llegue en buen estado al fondo, formando montones y teniendo cuidado de comprimirlo, á medida que se forman, con un pisón de mango largo y separar la lechada que se deposita entre las bases de los conos antes de extender hormigón encima, pues si no resultaría una especie de vacío en la masa. Se facilita la extracción de la lechada barriéndola con una escoba hacia la capa inferior ó hacia un hoyo que se disponga expresamente para poderla extraer con una bomba. El hormigón se extiende de esta manera, formando capas de un metro de altura hasta llegar á la superficie del agua.

582. CIMIENTOS EN CAJONES SIN FONDO.—Se forman estos cajones, unas veces de pilotes en contacto unos con otros, de pilotes y tablestacas ó de éstas únicamente. Otras veces las paredes del cajón son bastidores de piezas ensambladas revestidos de tabla cuyo borde inferior se corta, en cuanto es posible, según el perfil del terreno en que han de asentar para que se aplique á sus desigualdades. En algunas obras de importancia, los cajones son de hierro y se dejan después de rellenos para defender esta fábrica.

Las tablestacas y los pilotes se clavan por los medios ya indicados (541 y 567), siguiendo el contorno de la fundación y después se draga el recinto para extender el hormigón.

583. Para emplear los cajones, se draga primero el fondo hasta el buen terreno y se arman aquéllos y conducen al sitio que han de ocupar hacién-

dolos flotar por medio de barricas ó toneles vacíos y fijando luego su posición con amarras, anclas ú otros medios. Se introduce el agua en las barricas para que el cajón baje hasta el fondo, y una vez conseguido se puede proceder al relleno, arrojando el hormigón por alguno de los procedimientos ya indicados. El cajón se puede desarmar luego para aprovecharlo en otro cimiento, pues vaciando con una bomba los toneles, éstos lo levantan á la altura que tenía antes de sumergirlos.

584. El procedimiento que he seguido para formar un cimiento dentro del agua, me parece oportuno indicarlo por ser de sencilla y económica aplicación en ciertos casos. Se trataba de levantar con hormigón un cimiento-muro de un metro de espesor y cuatro de altura sin extraer el agua. El fondo se había ya excavado hasta terreno firme dejándolo casi en seco. Se principió por formar con tablones unos cajones sin fondo de $4^{m}20$ de longitud por 1 de anchura y $0^{m}22$ de altura *A (fig. 262)*, que hice sujetar en el fondo por medio de piedras para que el agua que los cubría muy poco no los levantara y se procedió á su relleno sin dificultad; pero resultaba luego muy dilatoria tanto su extracción como la colocación de otros cajones á plomo sobre los anteriores y el agua era cada vez más siendo muy costosa su extracción; el tiempo apremiaba y era urgente idear un medio más expedito y rápido para continuar la obra sin sacar agua, la cual subía por momentos. Teniendo tablones disponibles de $4^{m}20 \times 0^{m}22 \times 0^{m}08$ los hice colocar de canto á modo de tablestacas inclinadas *TT*, *T' T'* formando dos tabiques á la distancia de un metro, que era el espesor del muro. Por la parte inferior se empezaron á mantener contra los cajones anteriores abandonados *A*, que la práctica hizo después inútiles. Por la parte superior se mantenía la separación de los tabiques por medio de codales *C*, *C*, de un metro. La dificultad principal fué la colocación de los primeros tablones hasta que los operarios comprendieron mi objeto. Era éste arrojar entre ambos tabiques de tablones el hormigón y según iba avanzando el relleno, quitar los tablones primeramente colocados con objeto de ponerlos más adelante. Para ello, al mismo tiempo que se arrojaba el hormigón *H* entre los tablones, se acompañaban éstos con cascajo *acdb* por la parte de afuera, de modo que se formó en ambos lados un andén *acn*. Los tablones salían con facilidad de entre el cascajo y el hormigón y quedaba éste dentro de una zanja artificial de cascajo que lo defendía mientras tomaba cuerpo. Las aguas arrastraron algún tiempo después el cascajo y en el verano inmediato pude observar que el muro estaba á plomo con muy ligeras imperfecciones en sus paramentos.

585. En vez del tablestacado de madera, se emplean en las obras de gran importancia planchas de hierro apoyadas en pilotes tubulares del mismo material. Suelen ser planas, de fundición, de 2 á 3 metros de extensión superficial y 2 $^{c}/_{m}$ ó más de grueso, reforzadas con nervios verticales y con uno horizontal en el borde superior. El inferior termina achaflanado y los laterales están dispuestos para formar una junta solapada de unos con otros.

Estas planchas se hincan como las tablestacas, pero colocando en la cabeza que ha de recibir el golpe una pieza de madera que presente elasticidad, pues la fundición podría romperse si recibiera directamente el golpe de la maza.

586. La cimentación por medio de tubos de hierro de 2 y 3 metros de diámetro, pertenece á este sistema de cajones sin fondo; pero siendo su aplicación casi exclusiva en las obras de puentes, creemos excusado dar de ello detalles. Estos tubos alcanzan 20 y 25 metros de profundidad; se trabaja dentro de ellos desalojando el agua por medio del aire comprimido que se inyecta por máquinas de vapor y obligan al agua á salir por el fondo. El trabajo es rudo y ataca los pulmones de los trabajadores que respiran á la presión de dos á tres atmósferas.

587. CIMIENTOS POR MEDIO DE ATAGUÍAS.—Los recintos que han de ocupar las obras se cierran generalmente con paredes más impermeables que las anteriormente reseñadas, para poder extraer el agua de su interior y trabajar la obra en seco.

Las ataguías pueden ser *de tierra perdida* y consisten en un simple terraplén bien apisonado *A (fig. 263)*, que se forma con tierras arcillosas y se defiende generalmente con un revestido *R* de céspedes, faginas ó empedrados. La ataguía se llama *de simple pared* cuando el talud interior se reemplaza por un tablestacado ó entablonado *ab*, *a' b' (fig. 264)* que se mantiene vertical apoyándolo en pilotes *P*, *P'* clavados de 1 á 2 metros de distancia. La ataguía es de *doble pared* cuando el macizo de tierra está sostenido por dos filas de pilotes y entablonado ó de tablestacas y pilotes *(fig. 265)*.

Se procura que el pie de las ataguías llegue á un

terreno impermeable, siempre que sea posible, para que el agua de fuera del recinto no penetre en él por la parte inferior. Si es muy permeable, se acude al dragado del fondo, sea antes, sea después de clavados los pilotes ó formado el encajonado, según los casos.

Se usan *ataguías de tela* en ciertos casos en que el agua no pasa de un metro á metro y medio de profundidad. Consisten en una armazón de madera vertical que se recubre exteriormente con una fuerte tela impermeable bien extendida y clavada, que se hace coincidir con el fondo lastrándola con pesos suficientes.

588. Terminada la construcción de las ataguías que forman los límites del espacio que debe abrazar la obra, se procede á achicar ó agotar el agua empleando baldes ó cubos cuando la altura de agua no pasa de un metro ó los achicadores que son unas palas cóncavas que se manejan desde la cresta de la ataquía y con las que se vierte el agua al lado opuesto del que tiene el trabajador. Hoy generalmente se emplean para los agotamientos las bombas que en tanto número están ya extendidas, las cuales tienen después aplicación para otros usos. La abundancia del agua que ha de extraerse y la importancia de la obra, indican la clase de maquinaria que ha de emplearse tanto en bombas como en motores. Las bombas que más se emplean son las de *Letestu*, que tienen dos cuerpos con dos émbolos y un balancín para moverlos alternativamente por cuatro, seis ú ocho hombres, según sean de 16, 25 ó 40 centímetros de diámetro. El agua que elevan hasta unos 9 metros lo más, varía de 0,160 á 1,300 metros cúbicos por minuto. Las bombas *centrífugas* que también se emplean cuando el agua es muy abundante, necesitan un movimiento de rotación de mucha velocidad, lo que únicamente se consigue con las locomóviles de vapor.

De todos modos, para funcionar unas ú otras bombas se practica un hoyo en el punto más conveniente del fondo de cimentación con objeto de que acudan á él las aguas cuando sean pocas y en el cual ha de haber de 40 á 50 centímetros de agua para que el chupón de los tubos de aspiración esté sumergido completamente. Las regueras que hayan de conducir las aguas al hoyo, se dispondrán como se dijo en el párrafo 575, de manera que no puedan interrumpir la fábrica del cimiento.

589. Conseguido el agotamiento del recinto, se procede á levantar la obra, que se hace de hormigón ó mampostería hidráulica, la cual puede quedar sumergida según se va elevando, para ahorrar los gastos de agotamiento.

CAPÍTULO II

De los muros y apoyos aislados

ARTÍCULO I

De los muros en general.

590. DENOMINACIÓN DE LOS MUROS. —Los *muros* son construcciones macizas cuya resistencia es vertical y están destinados á cerrar un espacio ó á sostener otras obras resistiendo su peso ó sus esfuerzos. Toman el nombre de *paredes* cuando están limitadas por planos verticales y si tienen mayor grueso por la parte inferior que por la superior resultan con uno ó con los dos paramentos inclinados y se denominan muros *escarpados (figura 266)*. En todos ellos toman el nombre de *paramentos* las caras ó frentes las cuales son *anteriores* ó *posteriores* con relación al observador y *exteriores* ó *interiores* respecto del edificio.

Diferentes denominaciones se dan á los muros según el objeto á que se les destina. Así, se llaman de *recinto* ó *paredes de cerca (figs. 267* y *268)* las que cierran un espacio y no soportan más que su propio peso, *paredes de edificios* cuando pertenecen á éstos *(fig. 269)*, *muros de sostenimiento* si sostienen por una de sus caras las tierras *(fig. 266)* y *de contención* cuando se destinan á contener aguas *(fig. 270)*. De *revestimiento* se llaman los muros que defienden un talud de tierras de la acción de las lluvias ó de otras causas que puedan deteriorarlo *(figura 271)*.

591. PAREDES DE RECINTO.—Las paredes de cerca toman en su sección vertical la figura de un rectángulo *(fig. 267)*, pudiendo tener un *zócalo Z* inmediatamente sobre los cimientos y una cubierta *C* que las libre de la intemperie, la cual se hace á dos aguas ó á una *(fig. 268)*, según sean medianeras ó no. Por economía de material, aunque con exceso de mano de obra ó para mejorar el aspecto de esta clase de paredes, se establecen pilastras de trecho en trecho, sea por un lado ó por los dos, cuyos cuerpos sirven de contrafuertes y permiten dar menos espesor á los tramos de pared comprendidos entre ellos.

Á esta clase pertenecen las *barbacanas*, que son unos muros bajos que rodean alguna plazuela ó atrio, sirviendo de asientos ó poyos. Como generalmente se construyen en terreno desnivelado, para hacer la explanada horizontal del atrio, tienen como cimiento un muro que salva el desnivel de la calle ó plaza y el piso del atrio.

592. PAREDES DE EDIFICIOS.—Las paredes que entran á componer un edificio son las de *fachada*, que pueden ser *principales* ó *testeras*, *laterales* y *posteriores*. Las paredes interiores son: *maestras ó de carga*, si sostienen pisos, techos ó bóvedas; *divisorias* las que dividen el espacio, las cuales, cuando son delgadas, se denominan *tabiques de distribución*. Las paredes que separan un edificio de otro toman el nombre de *medianeras* ó *de medianería* si pertenecen á ambos dueños.

Se llaman *entramados* las paredes hechas con maderamen relleno ó macizado de fábrica ó formadas con postes y vigas de hierro, denominándose *de madera ó de hierro* según que la osamenta sea de uno ó de otro material.

593. Las fachadas de los edificios se hacen de paramentos verticales por el interior, aunque dejando en cada piso un retallo *r (fig. 269)* para ir disminuyendo su espesor á medida que se levanta la fábrica. Las fachadas deben tener algo de inclinación por el exterior, es decir, *á favor de obra*, cuyo desvío de la vertical llamado *releje* ó *relej*,

está comprendido entre $^1/_{100}$ y $^1/_{500}$: de esta manera pueden resistir mejor el empuje que les comunican los tejados, suelos y bóvedas. El releje es necesario cuando se trabaja con yeso, pues que por despreciar este precepto, sucede comunmente que los muros, aunque elevados á plomo, se encuentran desplomados cuando la obra se termina.

Las demás paredes de los edificios son verticales por ambos paramentos aunque disminuyendo de espesor en cada piso en atención á que va siendo menor el esfuerzo que tienen que aguantar.

594. En una pared se llama *resalto* todo cuerpo que vuela pasando de su plano paramento ó línea general; *rehundido* el que está retirado, y *moldura* la parte que afectando un perfil cualquiera, decora uno de los miembros de la ornamentación. La parte de una pared comprendida entre los vanos ó huecos que originan en ella las puertas ó ventanas se llama *macizo*.

595. Las fachadas tienen por lo general un *zócalo ó basamento Z (fig. 269)* que se procura construir de materiales escogidos especialmente impermeables como la sillería para que no dejen pasar la humedad del terreno que por efecto de la capilaridad tiende á subir por las paredes arriba. Los pisos del edificio se acusan al exterior empleándose para indicarlo unas fajas *P*, que toman el nombre de *plintos ó cordones* y termina finalmente la fachada con un cuerpo saliente *C* llamado *cornisa, cornisamento ó entablamento*, aunque muchas veces se suprime cuando la cubierta vuela fuera de la pared defendiéndola de las lluvias como debe hacerlo la cornisa. Generalmente se hacen de sillería estos cuerpos, especialmente si tienen mucho vuelo.

Los cordones se adornan con más ó menos molduras y planos siendo algunas veces muy salientes y de perfiles caprichosos *(fig. 272)*, en cuyo caso se hace inclinada hacia fuera su cara ó plano superior y se les provee de un *goterón ó lagrimal g* en la parte inferior para que el agua escurra por él y no corra por la pared inferior abajo.

Con el mismo objeto de que escurra las aguas, se da vertiente hacia fuera al retallo del zócalo *(fig. 269)*, adornándolo al mismo tiempo con molduras de las que son muestra los perfiles que representan las *figs. 273 y 274*. Algunas veces el zócalo tiene dos cuerpos ó hiladas llamándose entonces *rebanco* al superior.

La altura que se da á un cornisamento así como su salida ó vuelo dependen de la naturaleza de los materiales que en su construcción se emplean. Tienen generalmente de altura $^1/_{15}$ de la elevación de la fachada y constan de tres partes *(figs. 275 y 276)*: una *A*, que soporta; otra *B*, que abriga, y la tercera *C*, que corona; y cada una se compone de molduras planas y curvilíneas que el buen gusto dispone de manera que alternen convenientemente para producir un juego de sombras y de luces y abriguen ó defiendan las paredes de la lluvia, produciendo además una sombra que la haga destacar bien. La parte que sostiene exige molduras curvas que ofrezcan resistencia como el talón inverso, la parte que defiende ó abriga ha de tener una salida ó vuelo pronunciado con *goterón ó lagrimal g*, y la parte superior será curvilínea y ligera como una escocia. Se procura que cada cuerpo saliente forme una hilada si es posible y cuando no, se subdividen por donde las aristas resulten más obtusas como en *a* y *c* de la *fig. 274*, y donde puedan quedar más ocultas y defendidas.

596. Sobre la cornisa más ó menos pronunciada se construye generalmente para ocultar la cubierta del edificio, las chimeneas y buhardillas, un cuerpo de arquitectura de poca elevación llamado *ático* el cual se decora análogamente á los cuerpos inferiores de la fachada.

También se establecen las *balaustradas ó antepechos* divididos en tramos por medio de pilastrillas ó pedestales; más este remate debe circunscribirse á los casos en que haya terrados ó azoteas pues es impropio delante de tejados, así como también lo es la colocación de estatuas en estos puntos.

597. Las paredes apiñonadas ó que terminan con las líneas inclinadas que indican la cubierta del edificio, se denominan *hastiales* y se coronan con una cornisa ó cuerpo saliente, unas veces de fábrica y otras de madera.

Cuando el entablamento cierra la anchura de un edificio, se establece el *frontón (fig. 277)*, que indica las vertientes de la cubierta. Su forma es triangular ó circular siguiendo las líneas del tejado ó bóveda que termina: consta de dos partes principales, una las tres cornisas cuando es triangular, y las dos cuando es circular y la otra el espacio comprendido por éstas que se llama *tímpano*.

En los templos griegos se daba á los frontonos una altura igual á $^1/_9$ de su base: en los monumentos romanos tenía de $^1/_5$ á $^2/_9$ y hoy se hace subir hasta $^1/_4$. La cornisa horizontal no debe tener el ci-

macio, cuarto bocel ó gola con que se terminan las rampantes. Los modillones ó dentellones de éstas deben corresponderse verticalmente con los de la cornisa horizontal como demuestra la figura.

598. Lo mismo el ático que el entablamento terminan algunas veces con un perfil de contornos variados y sinuosos llamado *remate* ó *crestería (figuras 278* y *279)* ó con pirámides de base cuadrangular que se llaman *fastiales* cuando su altura es nueve veces el ancho de su base y *obeliscos* si esta relación es mayor.

599. MUROS DE SOSTENIMIENTO.— Cuando se trate de construir un muro que haya de resistir el empuje de tierras removidas, es decir, de un terraplén, deben tenerse presentes ciertas circunstancias.

Las tierras fuertes, si bien empujan al principio más que las ligeras, esto sucede hasta que hacen su asiento, en cuyo caso se sostienen por sí solas. Las arenas y tierras ligeras ó sueltas que no tienen miga, al contrario, empujan sin cesar porque sus partes se escurren fácilmente unas sobre otras; así, será conveniente que al hacer el terraplén se extienda por capas delgadas inclinadas hacia la tierra para que no se puedan derrumbar, debiendo elegirse las más sueltas para las capas inferiores y las de mayor miga para las superiores. De todos modos, han de rociarse y apisonarse, haciéndose al mismo tiempo que la pared y dejando una holgura entre ésta y las tierras para llenarla después de concluído el muro.

Los muros de sostenimiento pueden hacerse con sus caras ó paramentos verticales, aunque más comunmente y para que resistan mejor el empuje de las tierras, se hacen con una inclinación (escarpe ó talud) por el exterior y verticales por el interior: pero como para resistir el empuje de las tierras necesitan más espesor del que da el talud pues éste no conviene exagerarlo, se da este mayor espesor dejando de cierta en cierta altura retallos *R*, *R* *(fig. 266)* mediante los que va decreciendo el espesor del muro. En los que tienen más de 8 metros de altura se hace difícil construir los taludes planos y en este caso es mejor dejar el paramento escalonado como por el interior.

600. Es conveniente, sobre todo cuando hay interés en que la humedad de las tierras no atraviese el muro perjudicándole ó siendo nocivo para el uso que haya de tener, que se dé cierta inclinación transversal á los retallos *R* y se revista de un revoco de cal y arena la superficie de contacto con las tierras, alisándolo cuando esté á medio fraguar con el objeto de que deje escurrir el agua: ésta puede ir á parar en la parte inferior á un reguero *b* que las conduzca fuera de la pared, para lo cual en el pie de estos muros se dejan á trechos *desaguaderos d b*, que pasan de un lado al otro de la fábrica y cuyo objeto además es que el aire seque la tierra. Tienen la sección circular ó cuadrada dándoles algunas veces la forma de tronera, cuyo contorno resaltado anima el aspecto del muro. Para que el agua pueda escurrirse fácilmente cuando el terraplén es arcilloso, se llena de grava ó piedra la parte contigua *R R b* formando una contra pared por entre cuyos intersticios pueda escurrirse el agua.

Cuando las filtraciones de los terrenos de fundación son considerables y exigen una fábrica hidráulica en su construcción, se estrecha la base de estos muros haciéndolos verticales en sus dos paramentos.

Se pone á estos muros por lo general una coronación saliente *C (fig. 266)* y sobre ella se construye, si es necesario, un pretil, parapeto ó antepecho *P*. El talud *ac*, no pasa de $^1/_{10}$ de la altura *cd* del muro cuando es hecho con mezcla, llegando á $^1/_5$ cuando no la tiene, es decir, cuando se hace *en seco*.

601. Se puede aliviar al muro del peso de las tierras por medio de unos *estribos E*, *E' (figura 280)* colocados á cierta distancia unos de otros en el interior del muro y mediante los cuales el peso de la tierra, dividido en pequeñas porciones, no carga todo por entero. Los muros pueden reducirse al espesor de una pared que no ha de sufrir empujes, ó hacerlos de un grueso igual á $^1/_6$ de la altura si se voltean dos ó tres órdenes de arcos ó bóvedas de descarga entre los estribos, pues así se disminuye considerablemente el empuje de las tierras, no teniendo que sostener el muro más que el de las comprendidas dentro de cada bóveda. Se acostumbra hacer dos series de arcos en muros de 5 á 6 metros de altura, tres filas cuando tienen 9 metros cinco para alturas de 10 metros y seis en el caso de alcanzar 15 metros.

También, en vez de estribos interiores, se levantan por afuera *contrafuertes B*, *B' (fig. 281)*, que pueden afectar cualquiera de las formas indicadas en la *fig. 282*. Los retallos que se les den han de disponerse en pendiente para que viertan las aguas de lluvia, cubriéndolos además con lose-

tas como indica la figura. Entre estos contrafuertes y el muro debe haber un gran enlace para que los esfuerzos que han de resistir se repartan entre ambos y no aisladamente, pues esto podría producir el derrumbamiento de la parte más débil que es el muro ó su hinchamiento en el medio, presentando una barriga como si fuera una pieza empotrada por los extremos y sometida á esfuerzos en sentido perpendicular á la longitud, lo cual ha sucedido en algunos casos.

602. MUROS DE CONTENCIÓN.—Los muros de contención de aguas tienen unas veces sus paramentos verticales y otras inclinados: se les corona también *(fig. 270)* como los de sostenimiento.

603. MUROS DE REVESTIMIENTO.—Los taludes de los desmontes se defienden con muros cuando pueden ser atacados por causas exteriores ó son susceptibles de desmoronarse. Se les da la inclinación misma del talud con un espesor de 0^m30 en la parte superior *(fig. 271)*, el cual aumenta hacia abajo 5 á 6 centímetros por metro de altura. En su pie se establecen desagüaderos de trecho en trecho para la salida de las aguas, las cuales pudieran hinchar el desmonte y ocasionar la caida del revestimiento.

604. RESALTOS Y REHUNDIDOS EN LAS PAREDES.—Las fachadas y muchas paredes interiores de los edificios se adornan con cuerpos salientes ó entrantes que acompañan y animan los macizos ó sea los espacios libres entre los claros ó partes vacías de puertas y ventanas.

En paredes hechas de sillares, las juntas verticales ú horizontales quedan algunas veces rehundidas, sobresaliendo las cabezas de las piedras en forma de almohadillas, por lo que se llama este paramento *almohadillado*. En las paredes construidas con otros materiales también se figuran estos resaltos.

El ancho del rehundido ó llámese el *corte*, suele ser $^1/_{12}$ de la altura de hilada y su profundidad la mitad de dicho ancho.

Cuando el paramento de un muro forme el almohadillado *A* de la *fig. 283*, la junta *aa* debe partir del ángulo entrante y cuando el almohadillado sea como el *B*, la junta debe estar en la parte superior del rehundido ó en la inferior del resalto *bb*.

Estas almohadillas son planas por lo general; pero muchas veces presentan la forma de punta de diamante *A* *(fig. 284)* ó sea de una pirámide de gran base y poca altura que es el saliente, ó están exornadas con figuras de conchas, cruces, lágrimas, gusanos, etc., labradas al tresbolillo como se indica en *B* y *C*: también se desbastan groseramente haciendo de una labra esmerada el corte ó chaflanes que forman los cuadros.

605. Otra manera de decorar una pared reforzándola al mismo tiempo, consiste en establecer entre los huecos ó sea en los macizos unas fajas estrechas verticales que toman el nombre de *pilastras* cuando guardan las proporciones de un orden de arquitectura. Se llaman entonces *entrepaños* los espacios comprendidos entre cada dos de ellas. Se decoran también estos macizos ó entrepaños con *tableros*, que son unos cuerpos adornados ó sencillos, es decir, con molduras ó sin ellas y entrantes ó salientes, denominándose *voladizos* cuando pasan la línea de la pared, *vaciados* cuando son hundidos y *rasos* si están en dicha línea. El tablero se apellida además *rico* ó *liso* según lleve ó no en su superficie adornos de escultura. La superficie lisa é igual que queda entre dos molduras ó cuerpos cualesquiera, sean entrantes ó salientes, se llama *campo*.

Los rehundidos ó vaciados cuyo fondo es la mitad de su ancho se llaman *nichos* sirviendo para la colocación de esculturas.

606. REPLANTEO DE LOS MUROS.—Una vez sentadas las hiladas ó losas de erección (536) y dispuestos los procedimientos que se hayan adoptado para evitar que la humedad del terreno suba á la pared (527), se procede á igualar el enrase de los cimientos extendiendo una tortada de mortero común ó hidráulico para que presente un plano horizontal donde trazar y señalar los perímetros exterior é interior de su planta, ya sea haciendo rayas con un lapiz ó con un punzón, ya indicándolas con cordeles tirantes. Esta operación se practica del mismo modo que para señalar las zanjas de cimientos (506) rectificando las diferencias que resulten y haciendo toda clase de comprobaciones.

Subordinándose luego á estas líneas se procede á marcar las figuras ó líneas de detalle de los huecos, pilastras ó columnas que han de levantarse sobre el cimiento. Después en cada piso se repite la operación empleando en todas ellas los medios indicados para el replanteo (506) y para la montea (515), no olvidándose de fijar los huecos convenientes para alojar los tubos de bajada de las aguas de la cubierta y de subida de humos. Los de conductos de agua ú otras instalaciones, se dejan tam-

bién durante la construcción de las paredes y deben tenerse presentes al hacer el replanteo para no andar después con la piqueta haciendo ranuras que conmueven los materiales y les quita estabilidad y resistencia.

ARTÍCULO II

Muros de silleria, sillarejo y rajuela.

607. FORMACIÓN DE LOS MUROS DE SILLERÍA.—Las fábricas son de *sillería ó cantería* si se forman con sillares (60) de modo que las hiladas (514) tengan por lo menos 30 centímetros de altura. Cuando los sillares abarcan todo el espesor ó anchura del muro, la fábrica de sillería es *cuajada*, estando sentados *á tizón* los sillares si se presentan en el paramento las caras menores ó sea sus *cabezas*, y *á soga* cuando tienen á la vista el lado mayor. Se combina la colocación á soga y á tizón estableciendo unas hiladas *ss, s'* á soga *(figura 285)* y otras intermedias *tt, t'* á tizón ó colocando en una misma hilada sillares á soga y otros á tizón, como se ve á la derecha de la figura, cuyo aparejo se denomina *diatonous*.

El espesor de los muros exige, cuando es algo considerable, que se formen de varios sillares, los cuales, si es posible, deben estar en contacto unos con otros sin dejar más espacio que el de sus juntas. Generalmente, sin embargo, la parte de los sillares que da al centro del muro, ó sea su entrega, se deja con las irregularidades con que ha salido de la cantera, cuidando solamente de que los paramentos y juntas estén labrados. Se hace entonces la fábrica de sillería á *dos haces*, rellenando el espacio intermedio entre los sillares de uno y otro frente con piedras que no tengan labrados más que sus lechos.

608. La marcha general hoy, es construir los muros por hiladas regladas de igual altura cuyo aparejo se denomina *regular ó isodomon*, ó de altura desigual llamado *irregular ó pseudo isodomon;* en ambos casos los lechos y sobrelechos de cada una son planos á un mismo nivel, teniendo sumo cuidado de que haya trabazón entre sus partes, lo que se consigue procurando que las piedras superiores abarquen en parte varias de las inferiores cubriendo con su masa las juntas de unas con otras, es decir, que estén á juntas encontradas. Esto mismo y con más escrupulosidad debe observarse en los ángulos de los muros, sea alternando, la disposición á soga y á tizón de los sillares como indica la *285* ó según se ve en las *287* y *288* donde se representan en planta dos hiladas en cada figura que son las que se sobreponen unas á otras, indicada con trazos la parte de la inferior que está cubierta con la superior. En ellas se observa que están perfectamente á juntas encontradas, cayendo cada una de las superiores sobre el medio del sillar de la que está debajo y viceversa.

Aun cuando debe huirse de emplear piedras de grandes dimensiones porque son costosas y aumenta su valor en gran progresión, que es lo que se llama *encuartes*, hay ocasiones en que no deben escasearse cuando sea necesario para hacer trabazón, por lo que es muy conveniente colocar de trecho en trecho sillares llamados *perpiaños* que abarquen los dos frentes de la pared. Además, si los sillares tienen una longitud demasiado grande en proporción de su altura, es muy difícil que al sentarlos no quede algún vacío que cause la quebradura de la piedra, por lo que, cuando hayan de emplearse de grandes dimensiones, debe tenerse sumo cuidado en la labra de los lechos para que puedan apoyarse sobre la mayor superficie posible.

En la proporción que se dé á las dimensiones de los sillares, no debe llegarse nunca á dar á la longitud más de seis veces su altura.

609. Además de la estabilidad que á la sillería proporciona el rozamiento y la adherencia de los morteros interpuestos, hay algunos casos en que, á consecuencia de la naturaleza de las fuerzas que han de actuar sobre la fábrica, se precisa proporcionarles un enlace, ya sea por medio de la forma que puede darse á las superficies de contacto ó ya por otros cuerpos que los unan.

Las *figuras 289* y *290* indican una trabazón sencilla empleada especialmente en albardillas de pretiles. La *figura 291* presenta una complicada labra y mucho más la *292*, siendo esto difícil de conseguir porque los canteros necesitan una inteligencia y habilidad poco común para dar á la labra la precisión necesaria si han de apoyarse y tocarse las diferentes superficies de contacto. Cuando haya de exigirse esto, debe buscarse un despiezo sencillo que á su buen enlace agregue la facilidad en la labra.

610. Generalmente se sustituyen con lañas ó grapas *G* de hierro ó bronce *(fig. 293)*, las cuales tienen la forma que se detalla en *G'* y se empotran

en cajas abiertas en las piedras, sujetándolas además con plomo derretido que llena perfectamente los intersticios después que se le golpea con un punzón, pues al enfriarse se contrae algo. También se emplea el azufre, aun cuando hace al hierro agrio y quebradizo. Debe tenerse en cuenta que el hierro se oxida en sitios húmedos, pudiendo producir, con su aumento de volumen, fatales consecuencias. Los mastics y cementos sin mezcla de arena, tienen aquí una buena aplicación. En algunas obras se han empleado para enlazar las piedras unas trabas ó tacos de madera dura T de forma de cola de milano, llamados *toledanas* y también huesos H que se empotran como las grapas rellenando sus huecos con yeso, cementos ó betunes. Se emplean igualmente tacos de piedra que, lo mismo que los anteriores, se fijan en cajas C abiertas en las dos piedras que se trata de enlazar y en las que se sujetan con morteros, cementos ó mastics.

611. La terminación de los muros en rampa, cuando ésta es fuerte como la de la *fig. 294,* puede hacerse siguiendo horizontales los lechos hasta la línea bc; mas cuando tiene poca inclinación, el ángulo cba resulta muy agudo, difícil de labrar y muy deleznable, por lo que se hace á los sillares el corte ab de la *fig. 295* normal á la inclinación db ó se labran los sillares extremos de la manera indicada en la *fig. 296,* haciéndoles un lecho horizontal ac sobre el cual puedan tener completa estabilidad.

Generalmente se terminan, sin embargo, según un plano inclinado $abcd$ *(fig. 297),* cubriéndose con sillares más ó menos moldurados, A, cuyo resbalamiento por la pendiente de dicho plano hay necesidad de evitar. Se emplean para este objeto unas barras de hierro ó tacos de piedra indicados en T, los cuales se introducen la mitad en la fábrica inferior al plano $abcd$ y la otra mitad en los sillares que forman el remate ó talud de la pared. Se suprimen estas llaves cuando en la parte inferior se puede disponer, como aparece en la *fig. 298,* de un macizo ó sillar M que ofrezca la suficiente masa y estabilidad para detener la propensión á resbalar de las losas $l\ s$.

612. SILLARES VOLADIZOS.—Los sillares que tengan algún vuelo fuera del paramento general del muro, como sucede á la cornisa *(figura 299),* deben tener tanta entrega ó cola como es el vuelo, con el objeto de que la parte durmiente bdc sea de más peso que la parte volada ba y de las demás piezas C que haya de sostener sin olvidar las cargas accidentales de personas ú objetos que por circunstancias especiales pudieran encontrarse sobre la parte saliente. Por razón de economía ó escasez de sillería, pudiera suprimirse en parte la piedra durmiente adoptándose el medio indicado en la planta, donde puede observarse que la parte volada A descansa por medio de cajas en las piedras de tizón B, labradas unas y otras de la manera que se detalla en *(Z)* con las letras A' y B'. En estos casos, la parte durmiente de esta última ha de contrarrestar el peso de las piezas A, así como el de las superiores y cargas accidentales.

613. Cuando las cornisas son rampantes se debe tener presente lo indicado en el párrafo anterior para la terminación de paredes.

La parte de cornisa correspondiente á la esquina de un edificio, se apareja como representa en planta y alzado la *fig. 300,* disponiendo el sillar A, que forma dicha esquina, de modo que descanse sobre un lecho horizontal ac y tenga sobre la pared el volumen suficiente no sólo para que resulte perfectamente estable sino para que impida el resbalamiento de las piedras superiores. La *fig. 301* presenta la vista por el lado opuesto del expresado sillar, indicando con las mismas letras los mismos puntos. Si á pesar de este aparejo se quiere asegurar más la obra, se engrapan unas piedras con otras colocando entre los lechos y sobrelechos inclinados los tacos T de la *fig. 297* ó unas espigas de hierro emplomadas en el sillar inferior y que entren en taladros abiertos en el superior.

La trabazón entre las dos ménsulas ó canecillos que han de apear la esquina de una cornisa, se establece como representa la *fig. 302,* montando una sobre otra por medio de un corte ó diente.

Cuando la piedra angular de la cornisa pertenece á un frontón *(fig. 303),* ha de comprender una parte de la cornisa horizontal $ecda$, y parte de la rampante $ersa$, tomando las precauciones anteriores respecto á la relación que debe haber entre la parte voladiza y la que descansa directamente sobre el muro, y empleando, si es necesario, los mismos medios auxiliares para que los sillares inclinados no puedan resbalar.

614. ASIENTO DE LOS SILLARES EN LA OBRA.—Marcadas con el replanteo (506) las líneas que determinan la anchura ó espesor de la obra, se procede á la colocación de los sillares de esquina ó de cambio de línea para guiar por ellos

los demás y á continuación los tranqueros ó sillares-jambas de las puertas, siguiendo después con los intermedios.

La piedra debe sentarse en la obra sobre su lecho de cantera ó *á hoja*, es decir, en la misma situación que tenía en la cantera, ya sean las hiladas horizontales ó inclinadas de modo que sean normales á las presiones que han de soportar; porque de lo contrario, la piedra está expuesta á abrirse ó rajarse, especialmente si son de formación hojosa. Sólo en el caso de que su resistencia sea igual en todos sentidos puede faltarse á esta prescripción. Por otro lado, por poco práctico que sea el cantero, comprende cuál es el lecho de cantera y es por lo tanto fácil cumplir este requisito (61).

Hay construcciones antiguas donde los sillares se hallan simplemente colocados unos sobre otros, pero cuyos lechos están tan finamente labrados que apenas son visibles las juntas, lo cual se cree conseguían frotando unas piedras con otras mediante arena y agua.

Hoy se ha abandonado por completo este sistema y se sientan las piedras *á baño ó tortada de mortero* y también por medio de cuñas, aunque éstas tienen muchas desventajas.

Los sillares se transportan en zorras (62) y se elevan por rampas formadas con tablones haciéndoles resbalar sobre rodillos. Cuando la altura es considerable, se emplea el torno, la cabria ó la grúa *(figs. 256, 8* y *7* respectivamente).

615. Para el asiento *á tortada ó baño de mortero*, se exige en primer lugar que los lechos y sobrelechos estén labrados con exactitud, sin resaltos ni huecos.

Bien enrasado el lecho donde han de colocarse los sillares y hecho el replanteo de la pared ó señalada la planta sobre esta superficie plana por medio de un lápiz ó de un punzón, se aproxima el sillar sobre rodillos que se quitan en el mismo sitio del asiento para presentar el sillar en la misma posición que ha de tener, y se le hace coincidir con la línea ó traza del paramento *ab (fig. 304)*, empujándolo con las palancas ó alzaprimas *P*, á cuya operación llaman los canteros *bornear* el sillar. Se comprueba con el *reglón* y *nivel N* colocados en varios sentidos, si la piedra está á nivel, y con la *plomada G* si su paramento está vertical, y hechas las señales convenientes, si resultase haber que rectificar algo, se repasa por el cantero, moviéndola si es necesario á un lado.

Si el paramento en vez de hacerse vertical hubiera que construirlo según una inclinación dada, se usa en vez de la simple plomada, de otra sujeta á una tabla *(fig. 305)* llamada *nivel de talud*, donde la línea *ab* tenga la inclinación deseada cuando la plomada coincida con la *cd*. Para comprobación y llevar la obra con regularidad, es conveniente fijar de trecho en trecho reglones verticales ó inclinados que marquen el paramento.

Se limpia luego muy bien el emplazamiento, se riega y extiende una capa de mortero fino, al que se quitan las piedrecillas que pueda tener, cuidando de que no llegue á cubrir la traza del replanteo y se iguala con la *paleta*, cuyo útil es bien conocido. El mortero conviene que sea hidráulico de fraguado lento para que dé lugar á las operaciones del asiento de los sillares antes de que la mezcla fragüe, no extendiendo más que la necesaria para un sillar con objeto de que, hallándose blanda, la compresión de éste no produzca grietas ni pelos por donde la humedad pudiera penetrar después fácilmente y subir por la capilaridad. Se vuelve á colocar el sillar sobre esta tongada y comprobado que esté de hallarse bien, se le golpea hasta que el mortero refluya, con un mazo de madera ó con un barrón de hierro, colocando en este caso un trozo de tabla sobre la piedra para que reciba inmediatamente el golpe.

Á continuación de este sillar se van colocando los demás que componen la hilada hasta terminarla, guiándose por la línea marcada sobre el cimiento para alinearlos, ó de una cuerda tirante entre los sillares extremos que se llama *tendel*.

Entre una y otra piedra queda un espacio: para rellenarlo, se cubren antes las juntas del paramento con mortero fuerte ó yeso, dejándole respiraderos tapados con estopa por la parte inferior. Cuando esto ha tomado consistencia, se vierte lechada fina de cal por la parte superior, ayudando su entrada con una hoja de hierro provista ó no de dientes *(fig. 306)* llamada *espada ó fija*.

Cuando esta hilada forma el zócalo de la pared tiene el doble objeto de proporcionar á la obra superior un asiento uniforme y de evitar que la humedad del terreno ascienda por los muros en virtud de la capilaridad. Para precaver este efecto cuando las piedras son demasiado absorbentes, conviene extender una ligera capa de cemento de fraguado rápido á medida que se van sentando los materiales de la obra superior.

Se iguala luego el plano superior de esta hilada

apicolando el cantero donde haya prominencias y se asientan del mismo modo los sillares de la segunda hilada y de las sucesivas, de modo que su arista inferior coincida con la de la construida, tomando además la precaución de que las juntas verticales no caigan nunca sobre las inferiores.

Puede también sentarse la piedra en seco sin extender mortero debajo á imitación de algunas fábricas de los antiguos; y cuando ya está definitivamente colocada, se hace todo alrededor del lecho un alomado con mortero cogiendo con el mismo las juntas verticales. Se vierte después poco á poco en el espacio encerrado lechada de cal para que vaya ocupando todas las cavidades que existan dependientes del defecto de la labra.

Á fin de no estropear las aristas de los sillares con el manejo de las palancas, se presentan aquéllos la primera vez sobre cuñas de madera de igual altura colocadas á alguna distancia de las aristas para que éstas no se desportillen, y una vez asegurados de que la piedra está bien, se quitan todas ellas colocando definitivamente el sillar. Algunos recomiandan que para evitar el movimiento de la piedra no se quiten las cuñas sino después de introducida la capa de mortero con auxilio de la fija, sacándose después simultáneamente y por igual, con lo que, el mortero comprimido con el peso del sillar, ocupa por completo las desigualdades que haya dejado la labra.

616. El asiento *sobre cuñas* de madera que algunos adoptan, especialmente si las obras se ejecutan por contrata, se hace con suma facilidad y prontitud, sin que exija grande esmero ni un gran repaso de los paramentos.

Consiste en labrar bien los frentes de los sillares y únicamente unas anchas fajas ó tiradas por las aristas de las demás caras, dejando lo restante de éstas desbastadas á pico, pero un poco más rebajadas que las tiradas.

Para asentar los sillares se hace coincidir con el paramento general del muro la cara labrada, recalzándolos interiormente con cuñas de madera ó piedra. De este modo es fácil, aunque esté mal labrada la piedra, que su paramento satisfaga al del muro y que su sobrelecho se encuentre en el plano general de la altura de hilada. El espacio que queda debajo de la piedra se rellena de yeso ó mortero con auxilio de la fija, antes ó después de sentado el sillar, tapando en este último caso de antemano las juntas para que no se escurra la mezcla.

De aquí resulta, que disminuyendo el volumen del mortero al secarse, quedan los sillares en falso y el peso obra sobre las tiradas y las cuñas aplastándose éstas aunque sean de piedra y quedando reducida la resistencia del sillar á la que le dan estos puntos de apoyo; pudiendo resultar, si el peso es mayor del que á esta superficie parcial se le puede exponer, que se abra la piedra por el medio del paramento, ó lo que es peor, paralelamente á él por el interior. Las cuñas de plomo que algunos sustituyen, sobre ser más costosas producen los mismos efectos.

El asiento sobre cuñas puede ser aceptado cuando se gasta yeso y la piedra es blanda, pues el pronto fraguado de esta mezcla no deja tiempo para colocar la piedra convenientemente antes del fraguado. Para hacer este relleno, se tapan antes las juntas y lechos dejando libre en la parte superior una pequeña extensión, alrededor de la que se hace un alomado para rellenar las juntas (615) y en ella se vierte yeso claro, removiéndolo constantemente á fin de que quede bien homogéneo y que el agua no se introduzca sola en las juntas.

617. PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE.—Como muchas veces hay que reparar la labra de los paramentos, se acostumbra en algunas obras á sentar los sillares únicamente desbastados por sus paramentos, labrándolos después una vez concluida la obra; y esto es necesario hacerlo cuando hay molduras ó pertenecen á intersecciones de bóvedas ó muros, si no se quiere perder trabajo ó dejar la obra imperfecta.

Asimismo, para evitar que los sillares se desportillen en sus aristas, lo que sucede si éstas sirven de base, se labran unas tiradas en el lecho alrededor de las aristas, dejándolas un poco más rebajadas que lo restante para que sobre ellas no descanse el sillar. Esto mismo tiene que cuidarse de evitar al imprimir un movimiento á la piedra, para lo que el punto de apoyo del barrón ó palanca se procura que esté distante de las aristas ó se las defiende con un pedazo de tabla. Este movimiento debe imprimirse sólo por la parte del sillar que ha de quedar oculta dentro de la fábrica y donde no pueda notarse el desperfecto que se le ocasione.

Si los sillares tienen ya la forma labrada y definitiva cuando se sientan en obra, hay que tener cuidado de no desajustarlos en su colocación y defender después todas las partes salientes con tablas ú otros medios que puedan protegerlas de los ma-

teriales que por una ú otra causa caigan de la parte superior.

Una vez asentada una piedra y tomada con mezcla no debe moverse de su sitio, porque si ésta *ha hecho clavo*, es decir, si ha unido ya los materiales, el movimiento deshace dicha mezcla y no los une ó traba.

La terminación de una pared cuando ha de seguir después á continuación, se la deja con entrantes y salientes, es decir, *adentellada*, para que los sillares ó fábrica posterior trabe con los anteriormente colocados entrando las nuevas piedras entre los salientes ó *dientes* dichos, llamados también *adarajas*.

Siendo el coronamiento de los muros la parte más expuesta á la acción de las lluvias, debe ejecutarse con gran esmero á fin de evitar que la humedad se filtre y deteriore las partes inferiores. Para ello, se pueden tomar las juntas con mortero hidráulico y se procura que haya las menos posibles. Se recubren también con hojas de cinc ó plomo, como se explicará al tratar de los aleros de cubierta. Por su parte inferior se dejarán los goterones (595) ó se hará su corte inclinado hacia fuera con objeto de que el agua que escurra de la parte superior no pueda seguir por la moldura adelante y caiga en gotas por la arista saliente.

618. RETUNDIDO Y REJUNTADO.—Concluida una obra hay siempre necesidad de recorrer los paramentos, especialmente si no se han labrado y sí sólo desbastado. Esto se hace con el pico ó con la escoda, empezando por la parte superior. Esta operación se llama *retundido*.

Los deterioros que la sillería haya podido sufrir con los choques de los materiales, se reparan con mastics de cantero (243) que se vierte en los desperfectos, labrándose luego que ha adquirido consistencia para mejor imitar la piedra. Los canteros ocultan con esto sus descuidos ó los defectos de las piedras, debiendo estar el director prevenido contra estas faltas.

619. Al mismo tiempo que la anterior operación se hace el *rejuntado*, es decir, se raspa el mortero de las juntas hasta unos 2 $^{c}/_{m}$ de profundidad, cubriéndolas otra vez con mortero fino, cemento ó mastic por medio del *palustre (fig. 307)* ó del canto de la paleta. Después que ha adquirido alguna consistencia se comprime con un hierro redondo ó triangular *(fig. 308)*, nombrado *llaguero*, para que se adhiera bien á las piedras y que quede tersa su superficie y algunas veces ennegrecida, lo que se consigue á fuerza de frotamiento. Se evita de esta manera la degradación del mortero por la acción de las lluvias y el desarrollo de plantas que tiene lugar si se dejan sinuosidades donde vegetar. El rejuntado que resulta entrante *a (fig. 309)* se hace también saliente con un alomado *b, c*, valiéndose entonces de un llaguero cóncavo.

Esta operación conviene hacerla en tiempo húmedo y á la sombra, con el fin de evitar una rápida desecación y contracción de la mezcla que produciría grietas perjudicando á su bondad ó buen fraguado. La compresión ó apretamiento, además de dar gran fuerza al mortero, evita en gran parte los efectos de los hielos; en cuyo tiempo debe huirse de hacer el recorrido de las juntas, aunque se empleen morteros hidráulicos.

620. FÁBRICA DE SILLERÍA DESBASTADA Ó DE CARRETALES.—Pueden hacerse muros con sillares únicamente desbastados ó carretales, siguiendo en su asiento las mismas reglas que en la sillería labrada; por más que en las juntas haya que poner más cantidad de mortero y que el cuidado para que no se desportillen las aristas sea casi innecesario. Se hace también esta fábrica sin mortero, es decir, *en seco*.

Las juntas se toman en esta fábrica con buen mortero, practicándose el apretado con la paleta ó palustre. Se hace también el alomado, pero de sección rectangular, dejando unas como cintas salientes y estrechas á lo largo y en el centro de todas las juntas, que marcan así el despiezo, cuya obra hace muy buen efecto y disimula las asperezas del paramento.

Para ello, después de tomadas las juntas sin tener cuidado de que se extienda el mortero por el frente del sillar y cuando ya está casi seco, se coloca una regla en la dirección de la junta y se raya por su borde con la paleta, raspando con el canto de ésta el mortero que haya podido cubrir parte del paramento del sillar, para que quede áspero y no contraste con la tosquedad del desbaste, lo cual se consigue mejor si se da al mortero un color parecido al de la piedra. El otro canto de la cinta se hace análogamente, colocando la regla de modo que cubra el centímetro que debe tener la cinta de anchura.

621. FÁBRICA DE SILLAREJOS. — Esta clase de obra no se diferencia de la de sillería más que en el menor tamaño de las piedras que la com-

ponen (60), resultando las hiladas de unos 25 á 20 centímetros ó menos de altura: puede ser, como aquélla, de sillarejo desbastado ó labrado. Generalmente no se labran más que los paramentos y se dejan desbastados los planos de junta; otras veces se emplean con todas sus caras desbastadas únicamente, pero sin perder la forma de paralelepípedo rectangular.

622. Cuando el sillarejo es labrado, su colocación en obra es análoga á la de la sillería aunque más sencilla por la menor importancia de la construcción y por el menor peso de las piedras que hace más fácil su manejo. El sillarejo se sienta sobre una tongada de mortero de 2 á 3 $^c/_m$ de espesor y se golpea fuertemente con un mazo hasta que aquélla se reduce á 1 $^c/_m$ ó poco más. Igualmente se golpea de costado para estrechar la junta con el colocado anteriormente hasta que no quede entre ellos más de un centímetro de hueco. Se acuñan bien por el interior ó sea por su entrega ó cola y se rellenan luego las juntas con lechadas, como se ha dicho para la sillería (615). Los demás sillarejos se sientan con los mismos cuidados procurando que se traben unos con otros (608).

El enrase superior de la hilada para poder sentar la siguiente, se hace con mazacote compuesto de mortero y ripio, ó sea piedra partida de pequeña dimensión. Como de menos importancia que la sillería, esta fábrica puede sentarse sobre cuñas, pero macizando bien los huecos con ripio menudo y mortero introducido con fuerza para que sirva de apoyo á la piedra.

El recorrido de esta clase de fábrica se hace del mismo modo que el de la sillería (618 y 619).

623. FÁBRICA DE RAJUELA. — Donde abundan los gneis, pizarras ó rocas esquistosas se encuentran bancos delgados que proporcionan fácilmente *losas, lajas, lanchas* ó *rajuelas* (60) las cuales se prestan perfectamente á la construcción de una fábrica como la de sillarejo desbastado. Pueden también obtenerse piedras así regularizadas en toda clase de canteras, desbastándolas con el pico de modo que presenten una cara rectangular y que las otras sean próximamente normales á ella, á cuya obra se llama en algunas partes mampostería concertada.

La fábrica que se obtiene con esta clase de piedra, cumple bien su objeto cuando no se exige más que solidez y la belleza que las buenas proporciones de la obra presentan.

624. La construcción de un muro con esta piedra, se hace extendiendo una tortada de mezcla de 3 $^c/_m$ de espesor próximamente sobre la base en que se ha de fabricar, pero sin que llegue á cubrir la línea del replanteo. Se presenta la piedra en su sitio haciendo coincidir la cara de su frente con el paramento, para lo que se calza por debajo con piedra golpeándola con un mazo y rellenando luego con mezcla tanto su lecho como la junta que tenga con la piedra adyacente. Sentadas las correspondientes á los paramentos, se colocan las intermedias empleando el *martillo (fig. 310)* para romper las partes salientes que exija el hueco que deba llenar. Se echa mortero entre todas las piedras y se introducen á martillazos otras más pequeñas con objeto de que no quede ningún vacío, enrasando finalmente la hilada con mortero y ripio para que presente buena base á la superior, que se ejecuta del mismo modo.

Como en las demás fábricas, la principal condición que debe cumplirse en ésta es la de que la colocación de las piedras sea á juntas encontradas con las inferiores, poniendo además perpiaños ó piedras de bastante tizón *A (fig. 311)*, que abarquen, si es posible, uno y otro paramento ó que se hallen dispuestas de tal modo *B*, que los enlacen por medio de otras *D, D*, pues de lo contrario, como las piedras de los haces *bd, bd*, se sientan con menos mortero ó más á hueso que el relleno interior, constará la fábrica de tres partes, cada una de las cuales hará asiento diferente en proporción al mortero que tenga, separándose primero parcialmente unas de otras piedras y produciéndose por fin grietas paralelas á los paramentos por las que se dividirá el muro en tres secciones, incapaz cada una de por sí de mantenerse en equilibrio.

En una obra algo esmerada hecha de rajuela, se apicolan las caras que han de formar el paramento y si no ha de cubrirse con un revestimiento ó revoque, se hace el rejuntado lo mismo que en la sillería labrada ó un alomado ó encintado, como el que se ha indicado para la fábrica de carretales (620).

625. La rajuela se emplea mucho en cercas de heredades donde es abundante y fácil de extraer y se la recibe con barro que es un mal procedimiento, pues éste desaparece con las lluvias y quedan las piedras desigualmente asentadas ocurriendo derrumbamientos con mucha frecuencia, por lo que, de no emplear morteros de cal, es preferible sentar las piedras en seco, porque de este modo el albañil

ó mampostero procura el asiento estable de todas y cada una de ellas sin confiar en el mortero que no existe.

ARTÍCULO III

Paredes de ladrillo y adobe.

626. DENOMINACIÓN DE LAS PAREDES DE LADRILLO.—Toman diferentes nombres, según es la colocación de los ladrillos, la cual varía con arreglo al espesor que tenga la pared y la parte en que se han de colocar.

Si el espesor de la pared es el mismo que el grueso de los ladrillos, éstos se colocan de canto unos sobre otros á juntas encontradas y entonces la construcción se llama *tabique sencillo* ó de *panderete*. Su construcción se hace sólo con yeso ó con cementos que son los únicos que pueden sujetar al ladrillo de canto con el intermedio de las juntas llenas de mezcla.

Si la pared tiene de espesor la anchura de un ladrillo, se denomina de *media asta* ó de *cítara* y su colocación es á soga como la de la sillería. Si los ladrillos están puestos alternativamente de plano y de canto dejando espacios huecos, la pared toma el nombre de *citarilla*, pudiendo servir de divisoria entre patios y jardines ú otras dependencias, para lo que se adoptan combinaciones como la de la *figura 312*. La colocación de los ladrillos en esta forma, se dice también que es de *palomarejo*.

Cuando el largo del ladrillo forma el espesor de la pared, ésta toma el nombre de *asta ó citarón*.

En los muros de mayor espesor que el largo de un ladrillo, se dice, como en la sillería, que están colocados á *soga* los que tienen en el paramento su mayor lado y á *tizón ó asta* los que presentan el menor.

Se dice que están colocados á *sardinel*, cuando lo están de canto juntas las caras de los unos con las de los otros.

En la fábrica de ladrillo se llama *tendel* á la tortada de mortero interpuesta entre dos hiladas de ladrillo y *llaga* la que llena las juntas verticales.

627. APAREJOS EN LA FÁBRICA DE LADRILLOS.—La disposición que se da á la colocación de los ladrillos, ó sea su *aparejo*, debe sujetarse á la condición de que haya discontinuidad en las juntas verticales, tanto en el paramento como en el interior del muro. Será mayor su trabazón y solidez donde mayor sea la interrupción de dichas juntas; pues que en caso de asientos desiguales, la tendencia de los ladrillos á romperse es en la prolongación de sus juntas verticales y esta tendencia encontrará tanta más dificultad cuanto más separadas estén unas de otras dichas juntas.

Cuando la pared es de media asta, debe cuidarse que en la colocación de los ladrillos las juntas caigan ó en medio del ladrillo inferior ó en su tercio.

Si la pared es de asta, pueden combinarse de varias maneras como la sillería *(fig. 285)*, siendo un ejemplo de ello las *figs. 313 á 316*. En la primera disposición, que es la seguida en Bélgica, las hiladas están aparejadas una á tizón y la otra á soga, correspondiéndose verticalmente las juntas de todas las hiladas á tizón pero no las de soga que sólo lo verifican una sí y otra no. En la *fig. 314* el aparejo, llamado flamenco, tiene todas sus hiladas formadas por sogas y tizones situando éstos sobre el centro de las sogas inferiores y viceversa. El aparejo indicado en la *fig. 315*, es el adoptado antiguamente en Inglaterra, y el de la *fig. 316*, el que hoy se emplea. En el antiguo, las hiladas están dispuestas como en el belga, pero correspondiéndose verticalmente todas las juntas en las sogas y en los tizones: el moderno se forma de dos hiladas seguidas á soga y una á tizón, pero sin corresponderse las juntas de éstas con la inmediata inferior.

Como en caso de rotura ésta tiende á verificarse por las juntas que es la parte débil de una fábrica, tanta mayor resistencia opondrá á ello, como se ha dicho antes, cuanto mayor sea la separación entre las juntas en sentido vertical. En el aparejo belga *(fig. 313)*, si el asiento de la obra fuese en la vertical xx, se opondrían á la rotura tres espesores de ladrillo, pero como á su lado en zz, sólo hay uno entre cada dos juntas, la rotura se verificaría por este punto. Lo mismo sucede en los aparejos de las *figs. 314* y *315* mas no en el de la *316*, pues en cualquier vertical que se considere se encuentran dos ladrillos que se opongan á la rotura, por lo que, en este concepto, esta disposición es la preferible siguiéndole el belga y los dos restantes después.

Para las paredes de mayor espesor, las disposiciones del aparejo pueden ser muy variadas. Se adopta mucho la combinación resultante de formar los paramentos con hiladas á soga y tizón alternativamente *(fig. 317)*, haciendo todo el interior con ladrillos de asta. Si se quiere dar mayor trabazón,

se establecen de cinco en cinco ó de seis en seis hiladas una formada de ladrillos sentados en diagonal, y cruzados si se hacen dos.

Cuando hay ladrillos de dos colores, se pueden colocar formando fajas del mismo color compuestas de varias hiladas ó de una sola, con lo que se hace más vistoso el paramento y más sólida la obra, pues que no siendo de iguales condiciones los ladrillos, su asiento se hace así igual en cada hilada.

La fábrica de ladrillos se apareja también de manera que en el paramento aparezcan los ladrillos formando rombos ó cruces *(fig. 313)*, cuyo aparejo se denomina *cruciforme* y es el resultado del que emplean los belgas, pero teniendo cuidado de que resalten del paramento los ladrillos comprendidos en *cdae* y queden rehundidos los restantes ó al contrario. Estos dibujos y otros más variados, constituyen la magnífica ornamentación que los árabes dejaron en nuestro país y que hoy vuelve á aplicarse. Cuando se dispone de ladrillos de colores ó más rojos unos que otros, se puede romper la monotonía de una fachada haciendo combinaciones geométricas con los de un mismo matíz sin necesidad de que resalten unos más que otros.

Algunos albañiles componen los paramentos de ladrillos de asta estableciendo la trabazón con medios ladrillos que llaman *terciados*. En el centro del muro colocan todos los pedazos resultantes del terciado llamando á esto enripiar. Cuan defectuoso sea este método y expuesto al abuso, se comprende bien, pues queda la pared dividida en tres, siendo muy fácil abrirse grietas en el espesor y separarse los paramentos como las hojas de un libro.

Los ángulos ó encuentros de unas paredes con otras exigen un esmero mayor en la trabazón que en los muros corridos. Entre las diversas combinaciones que pueden adoptarse, las *figs. 318* y *319* indican algunas.

628. En las coronaciones de muros que están al alcance del hombre, la colocación de los ladrillos tiene que ser á sardinel para que no sea fácil levantarlos, pudiendo emplearse las disposiciones de las *figs. 320* y *321* cuando además forman ángulo. La indicada en la *fig. 322*, que es la anterior, pero en sentido vertical, se aplica en la terminación de pretiles ó antepechos. Sin embargo, si se quiere seguridad, deben colocarse sillares como indica en planta la *fig. 323*, uniéndolos al macizo por medio de áncoras de hierro empotradas en el sillar y en el macizo ó por medio de cajas *c (fig. 324)* donde encaje ó entre la fábrica de ladrillo.

Cuando el muro termina en talud, se han de colocar los ladrillos también á sardinel; pero normalmente á la inclinación, formando endejas, adarajas ó enjarges como está en la *fig. 325*, pudiendo estribar por su parte inferior en un sillar *z* llamado *zapata* ó como en la *fig. 322*.

Las albardillas destinadas á coronar las paredes pueden hacerse de cualquier manera de las indicadas en las *figs. 326* y *327*.

629. ASIENTO DEL LADRILLO.—Marcadas en el replanteo (606) la línea interior y exterior que indican los paramentos, se ponen en cada extremo de la parte recta de una pared dos reglones verticales, uno á cada lado del espesor; y si están muy distantes, otros más de trecho en trecho de modo que coincidan con la línea ó traza del replanteo, aunque separadas de él 1 c/m si la pared ha de estar cubierta con un revoque y 5 m/m si ha de quedar el ladrillo al descubierto. Por su pie se fijan con clavos, con yeso ó con ladrillos y mezcla, y por su cabeza se enlaza cada pareja con listones que fijan el ancho de la pared en esta parte y con otros puntos para que no puedan variar de posición. De este modo, la dirección de los reglones indicará en unión con el trazo del replanteo, los paramentos del muro. Si éstos son planos bastará colocar de unos reglones á otros los llamados *tendeles ó cordeles tirantes*, correderos á lo largo de dichos reglones y que dispuestos horizontalmente irán fijando, al mismo tiempo que el paramento del muro, el enrase de cada hilada. Para esto se marca con rayas de lapiz el grueso de éstas en los reglones, á partir de un plano de nivel rasante con el suelo ó enrase superior del cimiento. Cuando hay levantada alguna parte de pared, los reglones se fijan en sus paramentos por medio de clavos de gancho pareados que cogen en medio el reglón. En algunas partes se usan, en vez de reglones, cordeles que se fijan por la parte inferior en un clavo y por la superior en un listón atravesado al espesor del muro y sujeto por los medios que las circunstancias especiales del sitio aconsejan ó permiten. Los reglones no deben estar muy distantes para que no sea sensible el pandeo de los tendeles y pueda guiarse por ellos el albañil.

Si el paramento afecta una superficie curva, la plomada (615) irá indicando la posición que deba tener la cabeza del ladrillo cuando dicha superficie

esté compuesta de líneas verticales y la de la *figura 305* marcará lo mismo cuando el paramento tenga inclinación.

630. En la construcción de los tabiques de panderete, el albañil cubre dos cantos del ladrillo (un lecho y una junta) con la mezcla y en este estado lo coloca en su posición, apretando fuertemente contra el suelo ó la fila inferior de ladrillos sentados y contra la pared en que termina el tabique ó en el ladrillo colocado anteriormente.

Antes de empezarse á construir un tabique entre dos paredes se hace preciso, para mayor seguridad, que se abra una roza donde encajen los cantos de los ladrillos. Asimismo, cuando se trabaje con yeso no debe cerrarse el tabique por su parte superior si no dejarle cierta holgura durante un día, con el objeto de que el aumento que experimenta el yeso al fraguar no obre contra los techos desnivelándolos ú ocasionando un pandeo en el tabique si aquéllos son muy resistentes. Haciendo los tabiques con mezcla de cal común y arena hay necesidad de reforzarlos á cada 2 ó 3 metros de distancia con listones de madera colocados verticalmente, en cuyos costados se abren ranuras para entrar en ellas los cantos de los ladrillos. Si hay puertas, los largueros del cerco se aprovechan para este objeto. En ambos casos, se sujetan los extremos de los listones uno en el piso y otro en el techo.

Para sentar los ladrillos en las demás fábricas, el albañil coge mezcla con la paleta, la extiende é iguala formando una tongada ó capa llamada *tendel* donde el ladrillo ha de colocarse, pero sin borrar la traza del replanteo y con la otra mano toma el ladrillo, lo presenta sobre la tongada á unos 3 $^c/_m$ de distancia del sitio que ha de ocupar y lo hace correr apretándolo al mismo tiempo, con el objeto de que el mortero rebose por todos lados y de que cuando ya hay otros ladrillos sentados, el mortero ocupe bien las llagas estrechándolas en lo posible. De este modo, queda el ladrillo bien envuelto y sujeto, condición indispensable cuando el muro deba contener aguas, porque de lo contrario éstas se filtran por los huecos que se dejan entre los ladrillos.

Muchos albañiles sientan el ladrillo de un modo sumamente vicioso, pues los colocan unos junto á otros apretándolos en sentido vertical con un pequeño golpe dado con el puño ó con el mango de la paleta y los dejan así con todas sus llagas vacías que luego es difícil rellenar bien al extender la tongada de mortero que haya de servir de lecho á la hilada superior.

Ésta se construye del mismo modo, pero cuidando de que la capa de mezcla quede 2 $^c/_m$ retirada del paramento para que no se escurra al apretar el ladrillo y de que éste no salga del plano vertical ó inclinado de su paramento. Esto se consigue también pasando la paleta por el canto de la hilada inferior de un modo oblícuo para que el borde de la mezcla extendida forme un chaflán.

Cuando se hace zócalo y se quieren prevenir los efectos de la humedad impidiéndola que ascienda por la pared, es muy conveniente extender sobre la última hilada una ligera capa de cemento de fraguado rápido á medida que se sientan los ladrillos de la hilada superior, cuya capa tiene además la ventaja de igualar el sobre lecho del zócalo, facilitando la horizontalidad de la primera hilada que se forme sobre él y de la cual depende la de las superiores. Se comprende que no habiendo zócalo puede extenderse esta capa á la altura que convenga.

631. OBSERVACIONES.—Una condición precisa en esta clase de fábrica es emplear el mortero suelto y mojar además el ladrillo. Donde éste es bueno, se le tiene sumergido durante algunas horas antes de su empleo; pero donde es de mala calidad, no puede hacerse esto y se les moja, según se van necesitando, en una artesa que se tiene á mano ó por medio de una escoba, brocha ó regadera después de sentados. De no mojarse el ladrillo, absorbe éste el agua del mortero, lo deseca y le impide fraguar, observándose cuando se deshace una fábrica hecha en estas condiciones que las caras de los ladrillos se encuentran libres y limpias de mezcla; lo contrario que sucede cuando se moja, en cuyo caso cuesta trabajo despegar del ladrillo el mortero que á él se ha adherido. Los ladrillos, sin embargo, no deben empaparse en agua hasta su saturación porque entonces se vuelven escurridizos y dañan las manos de los albañiles ablandándoles la piel.

Las hiladas deben llevarse horizontalmente, no empezando una mientras la inferior no está terminada por ser esto de suma importancia para que el asiento se verifique con igualdad y no resulten cuarteos en la fábrica. La horizontalidad debe comprobarse al llegar á ciertas alturas, especialmente cuando faltan una ó dos hiladas para el asiento de un piso, con el objeto de que no haya dificultades en el enrase á nivel de éste.

En obras esmeradas se facilita la buena colocación de los ladrillos, haciendo que un peón de mano marque con lapiz una línea vertical en el medio del canto del ladrillo que ha de presentarse en el paramento ó en el punto que deba caer encima de la llaga inferior para su trabazón y que corresponda exactamente con ella, empleando para esto un cartabón ó descantillón preparado convenientemente. Tiene además este procedimiento la ventaja de que el peón escoje para frente la mejor cara ó canto de los ladrillos ahorrando tiempo al oficial de albañil que de este modo no se ocupa más que en sentarlos bien en su sitio.

Los conductos que hayan de establecerse con ladrillos fabricados á propósito en forma de dovelas no deben olvidarse al levantar las paredes, dándoles la trabazón á juntas encontradas y si se emplean los dibujados en las *figs. 24* y *25* se colocan alternativamente á derecha ó izquierda á fin de formar dientes que los enlacen con el resto de la fábrica. Si las paredes tienen poco espesor conviene reforzar esta unión disponiendo barras abiertas por sus extremos para que hagan el oficio de grapas entre un lado y otro de la cañería.

632. RESALTOS Y REHUNDIDOS.—Las partes del paramento que han de quedar rehundidas se dejan así según se va construyendo la fábrica remetiendo los ladrillos del frente lo necesario y cortando en el interior del muro la parte sobrante que resulte de los ladrillos si el espesor está ajustado á las dimensiones de éste que es lo más general. En los resaltos se hacen avanzar lo necesario los ladrillos dejando también para el interior del muro la colocación de los terciados que para ello sean necesarios.

Las aristas de los cuerpos salientes ó entrantes cuando obedecen á un perfil determinado y más si tienen líneas curvas como las de una columna, se construyen con ladrillos recortados cuando crudos, pues es imposible obtener cortes convenientes cuando están ya cocidos porque el ladrillo salta por donde menos se piensa cuando se le da con el martillo, ó se abre si se intenta aserrarlo.

Para la construcción de las cornisas ó molduras salientes, se dispone el asiento de los ladrillos *(figura 328)* de manera que la parte que haya de quedar volada *ag* sea menor que la durmiente *ac* para que por sí sola se sostenga. No es precisa esta condición cuando esta parte tiene sobre sí la fábrica necesaria para contrarrestar el peso de la parte volada; pero entonces es necesario apear ó sostener ésta mientras se levanta aquélla y toman cuerpo los morteros que traban la cornisa. El canto de los ladrillos, que ha de presentarse redondeado para formar moldura, se corta ó despatilla primero con el martillo y luego se redondea raspándolo con un asperón, con otro ladrillo ó con una *escofina (a)*.

Las cornisas ó molduras se forman también con ladrillos colocados á sardinel, pero fabricados entonces con el perfil de la moldura.

Las cornisas rampantes se hacen del mismo modo, aunque es conveniente que por su extremo inferior estriben en un sillar ó en un macizo de ladrillo análogo al *M* de la *figura 298*.

Tratándose de molduras que han de ir cubiertas con mezcla, basta despatillar los ladrillos groseramente; y en este caso, cuando tienen mucho vuelo, se echa mano de pizarras, losas ó piedras que lo den con la conveniente entrega en la pared ó se colocan de trecho en trecho unas barras de hierro cuya extremidad saliente se abre para retener mejor los ladrillos. Para todos los demás adornos que se han de formar en la misma fábrica de la pared valiéndose de las mezclas del revestimiento, hay necesidad de dejarlos groseramente formados, ya sean salientes, ya entrantes, según ellos pidan, cuidando de que queden estos bocetos más rehundidos que lo han de ser en definitiva, para que con la capa del revestimiento adquieran su verdadera forma.

Aun en el caso de ser resaltadas las molduras, se acostumbra á dejar en la fábrica un vacío ó hueco, para en su día empotrar en él los materiales que hayan de formar el núcleo de las molduras. Este medio, si bien evita que se destrocen éstas con la caida de los materiales durante la construcción de la parte superior, no presenta en cambio la solidez de las que se forjan cuando la construcción de la parte de fábrica á que pertenecen. Todavía es peor medio el de aplicar las molduras á un paramento liso en que no se han dejado adarajas, lo cual sucede muchas veces por descuido. En este caso, si la moldura es de poco vuelo, puede hacerse con sólo el mortero del revestimiento, mas si ha de ser de alguna consideración, se precisa el empleo de clavos que sostengan el cascote y mezcla, apicotando además la superficie á que se ha de adherir para que agarre á ella el mortero.

(a) Lima de dientes gruesos y triangulares.

Toda moldura saliente que ha de estar á la intemperie debe contornearse de modo que escupa fuera de la pared las aguas de lluvia para que no resbalen por ella, disponiendo en la parte inferior y más saliente del perfil un goterón (595).

Como dijimos de la sillería (617), el ladrillo saliente de las molduras ó cornisas se ampara ó protege con tablas ó de otro modo, contra los objetos que puedan caer de la parte superior durante la construcción.

633. RECORRIDO DE PARAMENTOS. — Se rejunta el ladrillo como la sillería (619) donde ha de quedar á la vista, limpiando las llagas y tendeles con el llaguero. El ladrillo se limpia de la parte salitrosa desprendida de la arena del mortero frotando fuertemente las superficies con agua en la que se disuelve ácido clorhídrico en proporción de un 5 por 100. El simple empleo del agua en abundancia en la que se disuelva una pequeña cantidad de sal, deja completamente limpios los ladrillos. En las fábricas que han de tener cubierto el ladrillo, se dejan, al sentar éste, todas las asperezas posibles para que agarre á ellas el mortero.

634. LADRILLO AGRAMILADO Y TERRA COTTA.—En buenas construcciones se hacen los tendeles lo más delgados posible exigiéndose que no pasen de 7 milímetros. Para esto se emplean morteros finos en que se ha pasado por tamiz la cal y la arena. En ciertas obras, donde se desea presentar un vistoso frente, se emplean ladrillos perfectamente fabricados, de manera que admitan poco tendel (*fig. 23*), los cuales tienen en las caras que han de servir de lecho y sobre lecho, un rebajo ó hueco *a* con el objeto de que el mortero que los sujete esté encerrado en esta cavidad presentando así una junta finísima. Además tienen raspados los cantos que han de quedar á la vista sobre una piedra de arena y sacadas perfectamente sus aristas. Se procura que el espesor de las juntas sea uniforme de unos 2 $^{m}/_{m}$ con el objeto de hacer la fábrica bien á hueso. El ladrillo dispuesto así se llama *agramilado*, y donde es de buena calidad forma una fábrica muy sólida al par que vistosa, aunque de gran coste, y que imitan los pintores en las fachadas.

Para que la obra inferior no se manche con el mortero, que es difícil quitar después, se contiene éste en el paramento con unas reglitas mientras se sienta cada ladrillo.

Con el esmero que esta fábrica, se debe hacer la formada con productos de terra cotta (106) ú otros de análoga fabricación.

635. PAREDES Ó TABIQUES SORDOS Ó ABRIGADOS.— Siendo el aire encerrado entre paredes mal conductor del sonido, del calor, del frío y de la humedad, cuando se quieren evitar estos efectos se hacen huecas las paredes ó se construyen con materiales á propósito. Las paredes se hacen huecas al tiempo de construirlas ó empleando en su construcción ladrillos huecos de forma á propósito, como los indicados en las *figs. 23* y *329*. Para tabiques de panderete, los huecos deben estar en el sentido de la longitud ó anchura del ladrillo, como los *c, c* de la *fig. 23*.

El hueco se consigue al construir las paredes haciendo dos tabiques *aa, a'a', dd, d'd'* (*fig. 330*), uno por cada paramento, los cuales se unen á trechos con otros transversales *T, T, T'*, formando cajones verticales, ó se enlazan, como se indica en la *fig. 331*, cuyas trabas sirven para dar estabilidad á la pared. Se hacen del mismo modo huecas las paredes, colocando de panderete una fila de ladrillos *bb, b'b'* (*fig. 332*) por cada frente, los cuales se unen ó traban con ladrillos sentados de plano *cc, c'c'* y á tizón sobre ellos. También pueden colocarse todos de canto, unos presentando su cara mayor en el paramento y otros su menor canto, como aparece en la *fig. 333*.

En el Norte de Europa, donde se construyen mucho esta clase de paredes, se deja de hueco $^{1}/_{4}$ de ladrillo, dando un ladrillo de espesor al paramento exterior y lo estrictamente necesario al interior, para asegurar la resistencia de la pared, aunque generalmente se le pone medio ladrillo.

Se comprenderá que la estructura de estas paredes no consiente más cargas que las de ellos mismos, excepto las indicadas en las *figs. 330* y *331* y que no deben ser muy altas. Con estas restricciones las paredes resultan sólidas, y además de las ventajas enumeradas al principio son económicas de material. Su construcción, sin embargo, ha de ser esmerada, procurando que no haya agujeros al exterior por donde puedan entrar las ratas ó ratones.

Se hacen sordos los tabiques y al mismo tiempo muy ligeros donde hayan de cargar sobre un piso, empleando los ladrillos de corcho (496).

636. PAREDES DE ADOBES. — Las paredes de adobe se construyen idénticamente á las de ladrillo, pues que la diferencia no está más que en la cochura. Se comprende que los adobes no pueden

mojarse, pero sí deben rociarse al extender la capa de mezcla.

Se emplean para trabar los adobes, mezclas de yeso, de cal y arena, y de tierra, según sea la perfección que quiera conseguirse.

Los adobes son muy empleados en construcciones rústicas, en macizos de grandes fábricas donde escasea el combustible y en puntos expuestos al fuego. En los climas cálidos, como una gran parte de nuestro país, los adobes adquieren una gran dureza y más si se los preserva, por medio de revocos, de la acción de las lluvias y aguavientos, que son los agentes que los destruyen desmoronándolos. En las huertas de Valencia y Murcia son notables las paredes hechas de adobe y barro, presentando más solidez que las de tapia, de que luego se hablará. En el resto de España están igualmente muy generalizados. Antiguamente fueron también muy usados, y de ello presentan notables ejemplos algunos monumentos egipcios y las ruinas de lo que se cree fué la torre de Babel.

ARTÍCULO IV

Paredes de mampostería.

637. MAMPOSTERÍA. — La obra ejecutada con piedras irregulares no sujetas á orden ni medida y que pueden colocarse á mano, se llama *mampostería*, y según sea más ó menos exacto el ajuste de unas piedras con otras así se denomina mampostería *concertada*, *careada* ú *ordinaria*, llamándose *mampostero* el operario que las ejecuta.

638. MAMPOSTERÍA CONCERTADA.— Aunque en algunas partes (623) se llama así á la fábrica formada de piedras regularizadas cuyo frente es rectangular, se conoce hoy con este nombre y antes se conocía por los romanos con el de *opus incertum* la obra que se hace con piedras cuyos frentes, labrados á pico, presentan figuras poligonales que se ajustan entre sí *(fig. 334)*, teniendo labradas (aunque toscamente), según planos, las caras de contacto de unas con otras para que asienten bien y tengan completa estabilidad. Las construcciones formadas de grandes piedras, algunas de 5 metros cúbicos y aun más, que se conservan en algunos puntos, son *ciclópeas* ó *pelásgicas*.

Para ejecutar esta clase de fábrica, el mampostero presenta las piedras de los paramentos y las hace coincidir con la línea del replanteo, cuidando de tener buen ojo para coger los mampuestos que mejor ajusten entre los ya colocados y que menos desbaste necesiten para ello. Rara vez se excusará sin embargo, de apicolar alguna cara, sea de las de contacto, sea de la que ha de formar el paramento; y si el mampostero no sabe manejar el pico necesita ser auxiliado en esta operación por canteros que preparen las piedras á la medida necesaria. Los mampuestos de paramento se colocan sobre una tongada de mortero de unos 3 centímetros de espesor y se golpean con el martillo *(fig. 310)* hasta que la junta queda reducida á 1 ó 2 centímetros acuñándolos luego alrededor, excepto en el paramento, con objeto de que asienten bien y no tengan movimiento. Los demás mampuestos del interior que forman el *relleno*, se sientan á baño de mortero acomodándolos al hueco que dejen los de los paramentos, sin que sobresalgan de la altura general de éstos. Se rocía la obra con agua y se rellenan con mortero los huecos que resultan entre los mampuestos, introduciendo después en ellos piedras más pequeñas con el martillo para que no quede vano alguno.

Se procura llevar la obra á una altura uniforme en todo lo largo del muro, es decir, por bancos ó *bancadas*, porque de este modo el mortero se comprime por igual y la obra desciende ó *hace asiento* uniformemente.

En la colocación de unas piedras sobre otras debe procurarse que no hagan el efecto de cuñas, pues si ciertos mampuestos ejercieran algún empuje podrían hacer resbalar hacia fuera á los inmediatos y producir la ruina de la obra; por el contrario, se les debe proporcionar un asiento estable valiéndose del martillo ó de cuñas convenientemente colocadas. Por esta razón, en los extremos de los muros hechos de esta fábrica que no estén defendidos ó terminados por otra más regular como la sillería ó el ladrillo, se procura que tengan los mampuestos asientos horizontales, según indica la derecha de la figura.

639. MAMPOSTERÍA CAREADA. — Se llama mampostería careada la fábrica compuesta de piedras irregulares que tienen apicoladas las caras que han de formar el paramento de la obra y desbastadas con el martillo las caras de contacto de unas con otras ó sea sus juntas.

Su ejecución es como la de la mampostería concertada aunque no tan esmerada; los mampuestos

de los paramentos se sientan de modo que presenten su cara desbastada en el plano de aquéllos, empleando al efecto pequeñas piedras introducidas debajo entre el mortero, que es lo que se llama *calzar* las piedras. Los demás mampuestos se colocan junto á éstos, golpeándolos fuertemente con el martillo para que tomen su mejor asiento. Los huecos que quedan entre los mampuestos se rocían con agua, como en la fábrica anterior, y se rellenan de mortero en el que se introducen á martillazos otras piedras menores para evitar que resulten algunos puntos vacíos.

640. MAMPOSTERÍA ORDINARIA. — La mampostería ordinaria admite toda clase de piedras sin preparación alguna previa *(fig. 335)*, empleándose tal como salen de la cantera.

En su construcción deben seguirse los mismos principios que rigen para las fábricas anteriores, sentando los mampuestos en la posición que más estabilidad tengan y de modo que cubran las juntas de los inferiores para que resulte trabazón, no olvidándose de golpearlos fuertemente con objeto de que asienten bien. Cuando la construcción no se lleva por bancos, se procura que los mampuestos encajen todo lo posible entre los ya colocados con el intermedio de mortero en el que se introducen luego otras piedras más pequeñas á golpe de martillo. Si la obra se ejecuta por bancos enrasados, se buscan para cada uno mampuestos de la misma altura, y una vez colocados según su mejor asiento, se rellenan los huecos con mortero y piedras hasta enrasar al nivel deseado. En ambos sistemas se hace que el mortero rebose y llene bien todos los huecos por ser éste el principal enlace que esta fábrica tiene, dependiendo de su buena calidad la solidez de su construcción, cuando la piedra es regular.

No importa aquí que el ripiado aparezca en el paramento, pero sí que la piedra no sea redondeada sino angulosa en cuanto sea posible, partiéndola en caso de que su tamaño lo consienta, para sentarla sobre las caras que resultan de esta rotura con el fin de que quede en una situación estable y que el mortero se adhiera bien á ella.

641. MAMPOSTERÍAS FABRICADAS CON MEZCLA DE YESO.—La ejecución de estas fábricas con yeso obliga á hacer algunas modificaciones en el modo de obrar por el pronto fraguado de esta mezcla.

Se preparan los mampuestos correspondientes á una extensión dada de paramento colocándolos provisionalmente en seco: se amasa entonces una cantidad de yeso proporcionada y se levantan dos ó tres mampuestos dejando los demás intactos para no tener luego que buscarlos: se remueve el yeso amasado con la paleta, se extiende el necesario para el asiento de los mampuestos levantados, los cuales se sientan inmediatamente y se continúa lo mismo con los restantes hasta emplear el yeso amasado, cuidando de hacerlo con ligereza para no dar tiempo á que se muera, ripiando al mismo tiempo y acuñando donde la piedra lo necesite. El relleno del interior de la pared se hace extendiendo una tortada de yeso y colocando los mampuestos á seguida, dejando entre ellos las juntas suficientes para que se puedan rellenar de yeso.

Algunos albañiles adoptan el medio vicioso de sentar bien los mampuestos de frentes y luego rellenar el interior con otros en seco sobre los que que se arroja luego el yeso. De este modo se dejan huecos por necesidad que perjudican á la solidez de la fábrica, empleando, sin embargo, tanto yeso como si estuviera el relleno bien hecho.

642. EMPLEO DE VERDUGOS Y RESALTOS DE LADRILLO.—Generalmente, cuando las paredes tienen alguna elevación, los enrases á cada metro de altura próximamente se hacen con hiladas de ladrillos *vv (fig. 336)*, llamadas *verdugadas* y que no deben ser menos de dos para que establezcan una especie de tablero unido que cubra completamente todas las juntas de las piedras, evitando que las grietas que pudieran abrirse en la mampostería, á consecuencia de la dificultad de que los mampuestos se hallen bien á juntas encontradas, puedan comunicarse de una á otra hilada, lo cual sería peligroso.

Cuando en las fábricas de mampostería hay que hacer resaltos, se acude al ladrillo para formarlos, pues rara vez se prestan los mampuestos á que salgan bien perfilados. En este caso, los ladrillos pueden formar desde luego la parte volada trabándolos con las piedras del interior del muro, ó se hace este resalto, cuando los paramentos han de ser cubiertos con revoque, después de terminada la obra como se ha indicado al tratar de la fábrica de ladrillo (632), dejando en la mampostería los huecos convenientes para que después puedan asegurarse en ellos los ladrillos volados.

643. EMPLEO DEL HIERRO PARA TRABAR LA MAMPOSTERÍA.—En algunas obras suele fortificarse la mampostería con grapas ó án-

coras *ac (fig. 337)*, bien empotradas con plomo, morteros ó cementos y que unan los tizones de ambos paramentos ó uno solo con otra piedra que tenga grandes dimensiones. También se establecen en los haces, hiladas de sillares unidos por áncoras, ó si la fábrica no tiene más que un paramento visible, pueden sujetarse las áncoras por un lado á los sillares del frente y por el otro á grandes piedras del interior.

Las cornisas y cuerpos muy salientes se refuerzan también con hierro de un modo análogo al representado en la *fig. 328* cuando los mampuestos no tienen las dimensiones necesarias para que como en la sillería puedan colocarse de manera que la parte durmiente pese más que la volada.

644. REJUNTADO DE LA MAMPOSTERÍA.—Concluida la fábrica ó al tiempo de irla levantando, se toman las juntas de los paramentos con mortero fino ó con el mismo que rebosa del asiento de las piedras, apretándolo con la paleta ó palustre lo que se pueda cuando ya tiene alguna consistencia, del mismo modo que para el rejuntado de la sillería (619).

En la mampostería concertada es muy general señalar las juntas por medio de las cintas de que se ha hablado para la sillería desbastada (620). En la mampostería careada y algunas veces en la ordinaria, se da á las cintas la misma irregularidad que tienen las juntas de las piedras y en algunas ocasiones hasta se les incrustan pequeños pedazos de piedra de un color muy diferente que parece un claveteado, llamando algunos mampostería de *mosáico* á esta caprichosa fábrica.

Si los paramentos han de ir cubiertos con mortero en toda su extensión, se dejan las juntas sin tomar con todas las asperezas de la piedra y del mortero de asiento para que haya mucha adherencia y que tenga el revoco estabilidad.

645. HORMAS Y MUROS DE PIEDRA EN SECO.—Son de gran utilidad y economía para cercar heredades las paredes de piedra sin mezcla alguna, es decir, en seco, llamadas *hormas* y de cuya construcción se habló algo al tratar de las obras de rajuela (625). Son también muy empleadas las fábricas hechas en seco para muros de sostenimiento ó construcciones destinadas á sostener tierras, en cuyo caso son muy ventajosas porque las aguas de lluvia salen por las juntas de las piedras que de este modo sirven de desagüaderos (600) secándose así el terraplen con más prontitud.

Como en esta fábrica falta la mezcla que liga unos á otros los materiales, tiene que hacerse con más esmero que las en que se emplea, debiendo asentarse las piedras por su mejor lecho para darles la máxima estabilidad, calzándolas convenientemente para que descansen bien y acuñando y ripiando todos los intersticios con el objeto de que la piedra esté sólidamente sentada y perfectamente estable en su sitio.

ARTÍCULO V

De las paredes de hormigón y otras mezclas y de las tapias ó paredes de tierra.

646. PAREDES DE HORMIGÓN.—La pequeñez de los elementos que constituyen el hormigón y que hace pueda considerarse como una mampostería de pequeñas dimensiones, imposibilita su colocación en obra si no es conteniéndolos artificialmente mientras toma la fábrica algo de cuerpo. Así es que se emplea, ó moldeado en formas de madera para obtener piedras artificiales de que se ha hablado en el artículo correspondiente de la primera parte y cuyas reglas de asiento son las de las naturales (615 y 616) ó se echa en cajones que afectan la figura de la pared, donde se extiende y fragua, de modo que la obra se presenta después del endurecimiento como una sola masa. Este último medio es más racional que el anterior, porque de ser hecho por hiladas tiene los inconvenientes sin las ventajas de la sillería.

647. EJECUCIÓN DE LAS PAREDES DE HORMIGÓN.—Para hacer las paredes con moldes, se hace uso de *tapiales (fig. 338)*, que están compuestos de dos tableros T, T, colocados de modo que formen los paramentos de la pared, cuyos tableros se apoyan en unos travesaños de hierro A, A, llamados *agujas* que descansan sobre la base del muro y llevan en un extremo una muleta m, detalle A', y en el otro unos agujeros para introducir unas clavijas y fijar con ellas el espesor de la pared. Los tableros T se mantienen á plomo en su posición por medio de unas piezas verticales cd, cd, llamadas *almas ó costales* que tienen una hendidura en la parte inferior las de un lado y un taladro las del otro con objeto de que entre en ellos la aguja y puedan asegurarse, unas con la muleta y otras con la clavija. Por su parte superior se man-

tienen verticales y equidistantes los costales por medio de unos virotes ó codales y contra los cuales se ajustan ó aprietan los costales retorciendo una cuerda *rd* como en las sierras de mano de los carpinteros. La puerta ó tablero *E* sirve también para el mismo objeto.

La *fig. 339* representa en planta y sección vertical un tapial más perfeccionado cuya simple inspección lo hace comprender y el cual lleva además por cada lado un andamio *dc* para el servicio de la obra.

Colocado el tapial se extiende dentro el hormigón por capas delgadas que se aprietan suavemente con un *pisón de cuña (fig. 340)* que entre bien en los ángulos, cuya operación verifican los peones desde un andamio superior para que no pisen el hormigón y lo conmuevan. Se tiene cuidado de echar contra los tableros el hormigón más graso y de piedra más menuda para que salgan más unidas las superficies de los paramentos.

Para que el hormigón no se desmorone por los costados ó extremos que han de unirse luego con la construcción siguiente, se colocan los tableros *E (fig. 338)*.

Una vez lleno el cajón, se aflojan las clavijas y lo mismo la cuerda retorcida para poder sacar las almas *A*, los tableros y travesaños, con el objeto de colocarlos á continuación. Se sigue con el relleno del mismo modo, pero cuidando que se una bien el hormigón de un cajón con el del siguiente, rociando y raspando si es necesario la superficie de contacto para que no se conozca la junta.

Cuando hay necesidad de interrumpir el trabajo, se dejan las capas de hormigón en escalones inclinados á fin de que las partes interrumpidas un día se unan bien con las que se hagan los siguientes. Si se quiere continuar una capa ya seca, se limpia perfectamente la superficie del escalonado y se le aplica encima mortero fresco sobre el que se extiende el nuevo hormigón.

El apisonado debe hacerse con tino para no conmover el hormigón inferior que puede haber ya fraguado, en cuyo caso se le agrietea quitándole la unión. En ciertos casos y principalmente cuando el hormigón es eminentemente hidráulico, no debe apisonarse de ningún modo, cuidando de rellenar bien con una paleta los ángulos ó entradas que tengan los cajones. De todos modos, sea cualquiera la cal que se emplee, debe procurarse que el endurecimiento se haga con lentitud rociando de continuo la obra ya ejecutada ó cubriéndola con telas mojadas, porque si nó, se seca el exterior formando una costra que impide la entrada del aire al interior.

648. Las subidas de humos y demás cañerías se pueden formar al tiempo que se hace el relleno disponiendo tubos ó moldes cilíndricos que van subiéndose según levanta el hormigón y dejan hecha la cañería.

Al construir una bancada de hormigón sobre otra, ha de tenerse cuidado que la unión de los cajones caiga sobre el medio del inferior para que las juntas estén encontradas, y cuando haya de formarse ángulo se deben construir en trabazón; es decir, que los extremos de los cajones cubran y sean cubiertos alternativamente, avanzando unos ú otros para formar la esquina ó parte del muro en ángulo. Mejor trabazón se consigue disponiendo los cajones de modo que abarquen parte de los muros que se cruzaren.

La construcción de las bancadas debe hacerse seguida, no empezando con la superior sin estar terminada la que está debajo con el objeto de evitar la diferencia de asientos que se traducen luego en grietas.

Cuando el hormigón es hidráulico, debe cuidarse de raspar ó limpiar perfectamente la superficie del que está ya fraguado, antes de extender sobre él otra bancada, y echar encima mortero hidráulico fresco con objeto de que se una bien una bancada con otra.

649. Generalmente el hormigón se interrumpe de cierta en cierta altura por medio de hiladas ó *verdugadas* de ladrillo, que como se ha dicho para la mampostería ordinaria (642) cubran todo el espesor de la pared sirviendo al mismo objeto. Estas hiladas se construyen también de losas, lanchas ó rajuela.

Los ángulos y uniones con otros muros se amparan con fábrica de ladrillo ó de sillarejo y también de trecho en trecho se disponen muchas veces refuerzos de ladrillo dispuestos como indica la *figura 341*, de manera que traben con el hormigón y á cuyos refuerzos así formados se llama *machos de mayor y menor*.

650. APLICACIONES DEL HORMIGÓN. —Fácilmente se comprende que con el hormigón pueden hacerse todos los resaltos y entradas, así como las molduras que exija una obra; teniendo para ello cuidado de que sean de forma simple, de que se reparta convenientemente el material y de

que las superficies sean lisas y redondeadas, excluyendo en lo posible los huecos y ángulos agudos. Para esto, no hay más que disponer los moldes adecuados, sea en la misma obra *(fig. 342)*, sea aparte para emplear los productos como se hace con la sillería.

651. El hormigón se emplea hoy en la construcción de edificios hasta de dos pisos y este material está indicado siempre que se trate de obtener en el menor tiempo posible, habitaciones sanas y secas y no haya en la localidad otros materiales sino es con un gran costo.

En el campamento de Schorncliffe (Inglaterra) se construyeron gran número de habitaciones de hormigón con cemento, que á pesar de haberse ejecutado en un tiempo muy corto y en el invierno, resultaron excelentes y completamente secas.

En la isla de Wight se han construido varias casas de dos pisos, en el campamento de Boulogne (Francia) se hicieron en siete días cuadras para 350 caballos y finalmente se han edificado con las piedras artificiales de hormigón multitud de casas, especialmente en Londres.

652. Combinado con el hierro puede dar el hormigón una gran seguridad para la construcción de cárceles, pues empotrando de cierta manera trozos de hierro ó de acero usado en la fábrica de las paredes presenta á los que tratan de perforarlas para evadirse una gran dificultad, que es en muchos casos insuperable. Del mismo modo puede aplicarse este sistema en las paredes de locales donde hayan de guardarse valores, y disponiendo el hierro en forma de cadenas servir de un auxiliar poderoso para la resistencia de presas, depósitos de agua, bóvedas, etc.

653. PAREDES DE HORMIGÓN CON ESCORIAS.—Mezclando con agua una parte de cemento y cinco de polvo de carbón de piedra ó escorias de los altos hornos, se han construido paredes, empleando para ello los tapiales. Se tiende una camada de piedra partida y encima la mezcla que se introduce en los intersticios de las piedras. Á las diez ó doce horas ha tomado cuerpo suficiente para quitarse los tapiales y construirse encima otra hilada. Puede emplearse cascajo cuando la obra sea de poca importancia.

654. PAREDES DE MEZCLAS DIVERSAS.—Haciendo uso de encajonados ó tapiales se construyen muros con una mezcla de 5 á 7 partes de arena, una de tierra cocida y otra de cal en pasta, á lo cual puede agregarse $^1/_3$ ó $^1/_4$ de cemento cuando se quiere un fraguado más rápido. En todo caso, se ha de someter la mezcla á un buen batido y extenderla entre los tapiales por capas muy delgadas que se han de apisonar fuertemente; pues de esta operación depende su mayor ó menor resistencia y solidez.

Del mismo modo, con un apisonamiento enérgico, pueden construirse paredes por medio de tapiales, empleando las mezclas con base de cal, cuya composición se ha explicado en su lugar.

655. TAPIAS Ó PAREDES DE TIERRA.—La tierra para hacer esta clase de fábrica debe buscarse ni muy grasa ni muy magra, no siendo obstáculo el que tenga algo de arena, ripio calizo ó de ladrillo ó piedrecillas, y menos si éstas son angulosas. Humedecida, ha de conservar la forma que la mano le dé al apretarla, sin que se pegue á los dedos. Es un indicio de su buena calidad, cuando removida con un pico ó azadón se abre en terrones que es preciso desmenuzar. No debe tener tampoco mezcla de raices ó hierbas, que pudriéndose dejan luego intersticios ó huecos, pero no le perjudica la paja pues en ciertas tierras impide que se agrieteen.

656. Para la construcción de estas paredes se emplean los mismos cajones ó tapiales que para las de hormigón; pero sin los tableros E de los testeros, para que, abandonadas las tierras á sí mismas, formen planos inclinados mediante los cuales las tierras de un tapial se puedan ligar con las del siguiente. De lo contrario, se abren las uniones al secarse la tierra y quedan separados unos de otros. Antes de emplearla, se desmenuza bien la tierra y se la pasa por zaranda con el objeto de que no queden piedras mayores de una castaña. Se la humedece ligeramente y solo lo necesario para que forme miga; es decir, para que apretada con la mano adquiera la suficiente consistencia y no se deshaga la forma que se le hubiere dado. Es la misma humedad que tiene la tierra á medio metro de profundidad.

Se extiende la tierra en el tapial por capas de unos 10 centímetros de espesor estando dentro los operarios, los cuales apisonan fuertemente con el pisón de cuña hasta que da un sonido seco, que es cuando se reduce á la mitad de volumen. De este modo, inmediatamente después de concluido un tapial, pueden sacarse los tableros y proseguirse la obra á continuación.

657. Así como en las paredes de hormigón, los

tapiales de tierra deben hallarse unos sobre otros á juntas encontradas y aquí además los planos inclinados de unión de un banco han de estar en dirección opuesta á los del inferior ó anterior. La misma trabazón tiene que observarse en los encuentros de muros, pudiendo ponerse para más seguridad pedazos de tabla en uno y otro sentido que establezcan continuidad y eviten la separación. Sin embargo, esto rara vez sucede, pues que generalmente se defienden con adobe ó ladrillo todos los ángulos de cualquiera clase que sean, guarneciendo los vanos de puertas y ventanas con madera en ciertas localidades.

Cuando se continúa un tapial después de haber pasado algún tiempo en que el anterior se haya secado, debe picarse la superficie de contacto para su mejor unión. Se usa también extender una capa de mortero en esta junta.

658. La tapia se denomina *real* y adquiere bastante consistencia cuando en vez de agua pura para humedecer la tierra se emplea lechada de cal. Otras veces se extiende sobre las capas cal apagada en polvo, la cual con la humedad de la tierra fragua al cabo de cierto tiempo y da gran dureza á la tapia.

Toman la denominación de *aceradas* ó *calicostradas* las tapias que tienen un revestido de mortero. Para hacerlo al tiempo de su construcción, se echa la mezcla contra los tapiales antes de extender cada tongada de tierra con objeto de que con el apisonado se mezcle bien con la tierra, formando en los paramentos una costra. Si el revestido se hace en las tapias después de construidas, hay que esperar á que estén enteramente secas y aprovechar un tiempo que no sea húmedo ni tan frío que produzca heladas. Para que el revoque agarre mejor al tapial se acostumbra dar algunos golpes de alcotana en los paramentos, los cuales producen unos agujeros donde se introduce mortero y en el que se incrusta ripio de ladrillo, llamándose á esto *clavos*, en los que se agarra después el revestimiento de mezcla.

659. Se da también más consistencia á las tapias extendiendo sobre cada banco una tongada de mortero y mejor una hilada ó dos de ladrillo sentado con mezcla, á las que se llama *verdugo*. También se colocan ladrillos á trechos durante la construcción de manera que presenten sus cantos en los paramentos para que sirvan de trabazón ó clavo al revestido de mezcla.

Casi siempre las paredes de tierra se refuerzan en los ángulos, jambas de puertas y ventanas, y á cierta distancia cuando no hay estos huecos, con machos de mayor y menor *(fig. 341)*, que se llaman *rafas* en este último caso y se construyen de mampostería ó de ladrillo.

Cuando las tapias están aisladas y no tienen cubierta, se hace preciso defenderlas por la parte superior de la acción de la lluvia, formándoles una albardilla *c* *(fig. 267)* con ladrillo, teja, losas, bálago, zarzas ú otra cosa equivalente y que resguarde los paramentos.

660. ADVERTENCIAS SOBRE LAS TAPIAS.—La dureza y la solidez del tapial varía, por decirlo así, de uno á otro y de la mañana á la tarde, dependiendo de la destreza y fuerza de los obreros que no trabajan siempre del mismo modo, Por la mañana, la obra hace asiento con solidez. pero á la caída de la tarde el cansancio hace que sea menor el esfuerzo del trabajador y de aquí una especie de imperfección en la obra.

Cada cuadrilla no debe hacer más de 6 á 7 metros cúbicos al día si el tapial ha de ser sólido. Lo que se adelante de esto, cae en perjuicio de la obra.

La lluvia es un inconveniente para la perfección de esta fábrica, que le ataca principalmente si se halla recién construida, por lo que es de muy poca ó ninguna aplicación en países lluviosos.

Las tapias ó paredes de tierra no pueden empezarse á construir junto al suelo, porque éste con su humedad las atacaría, desapareciendo la causa que les da toda su consistencia. Así que, se las libra de esta influencia, construyéndolas sobre un zócalo más ó menos alto de mampostería ú otra fábrica, ya con mezcla ó en seco, al cual se da el nombre de *pie de aguja*.

El uso de esta clase de construcción es muy general, especialmente en nuestros pueblos rurales donde el clima y las tierras lo permiten. En Lyón (Francia) los ricos propietarios tienen sus preciosas casas de campo construidas con tierra revestida de un revoco y pintadas al fresco con el mejor gusto y con el menor coste.

Estas construcciones tienen la ventaja de ser frescas en verano y abrigadas en invierno; son de poco coste y pueden hacerse y habitarse al poco tiempo. Su duración, si está bien hecha, es de siglos. En España, rara es la localidad donde no tenemos ejemplos bien elocuentes, en murallas antiguas medio derruidas hoy y que están por lo tanto expuestas á

todas las inclemencias. Su construcción, sin embargo, procede de la dominación sarracena.

ARTÍCULO VI

Muros de fábrica mixta.

661. COMBINACIONES.—Las diferentes clases de fábrica de que se ha tratado, se combinan muy frecuentemente entre sí, ya para dar más solidez á la obra, ya para hacerla más económica ó para darle un aspecto variado.

En las fábricas de cantería, especialmente cuando el espesor es algo considerable, se forman los paramentos de sillería *(fig. 343)* y el interior de sillarejo, de ladrillo, de mampostería ó de hormigón.

Los sillares han de formar soga y tizón alternativamente para que traben con la fábrica interior, estableciendo además de cierta en cierta altura hiladas de sillería cuajada que unan uno y otro paramento ó cuando menos perpiaños de trecho en trecho ó áncoras de hierro de un modo análogo á lo que se ha explicado respecto de las fábricas de rajuela y de mampostería (624 y 643).

Las mismas combinaciones pueden hacerse con el sillarejo cuando éste constituye los frentes, pudiendo ser el interior de ladrillo, de mampostería ó de hormigón.

Si el ladrillo forma los paramentos, puede hacerse su interior con mampostería ú hormigón, estableciendo los mismos dientes y vacíos que en la sillería; pero formados aquí con varias hiladas de ladrillo y uniendo ambos haces de cierta en cierta altura con verdugadas.

Al tratar de las fábricas de hormigón, se indicaron los refuerzos que este material necesita (649), constituyéndose por lo tanto una fábrica mixta y lo mismo sucede en las paredes de tapia reforzadas con otra fábrica (657 y 659).

La combinación se establece también por hiladas horizontales, haciendo cada una de distinto material ó alternando dos solamente, resultando así un paramento fajeado muy vistoso cuando son de distinto color ó matiz.

662. Se hacen también las combinaciones en los paramentos, formando con sillería, sillarejo ó ladrillo las esquinas *ee (fig. 344)*, así como de cierta en cierta distancia los machos *mm*, unos y otros adentellados ó sea de mayor y menor, para que traben con lo restante del muro que se construye de una fábrica inferior. Debe tenerse cuidado, al construir estos machos, de empezar en la parte inferior por la mayor longitud, y si el macho es de cantería colocar de soga el primer sillar, llamado entonces mayor, y de tizón el superior (menor), de modo que éste tenga por cada lado menos línea ó longitud que el inferior, debiendo ser esta diferencia cuando menos de 20 centímetros en cada lado.

De cierta en cierta altura se establecen además verdugadas de ladrillo *em*, ó de la misma fábrica que los ángulos y machos, formándose unos cajones *C* de la obra más inferior que toman el nombre de *fraga*.

Estas bandas ó fajas, sean verticales ú horizontales, se llaman en general *cadenas*, y á esta clase corresponden los zócalos, plintos ó cordones y cornisas, así como las pilastras, de que se ha hablado al tratar de los muros en general (595).

Las cadenas horizontales tienen la ventaja de que traban en toda su extensión las fábricas de menores materiales sobre los que reposan; mas las verticales, si bien dan solidez en los puntos en que se encuentran, hacen menos asiento que los cajones, despegándose la una fábrica de la otra, por lo que deben emplearse sólo cuando sobre esos puntos hayan de estribar ó cargar mayores esfuerzos que sobre el restante muro. Lo mismo las cadenas horizontales que las verticales, resaltan generalmente del paramento dando á la obra un aspecto robusto. Las cadenas verticales, cuando son pilastras de basa y capitel, deben trabar bien con la fábrica restante de las paredes por medio de adarajas, como machos de mayor y menor y más si son de varias hiladas, y para aminorar los efectos que la desigualdad de asiento produce entre una cadena vertical y el muro que refuerza, se extiende en las partes *a* *(fig. 345)* de los sobrelechos de las piedras de soga ó mayores una tongada de mortero de unos 4 centímetros de espesor fabricado de modo que su fraguado sea más lento que el del empleado en el resto de la fábrica. En las partes *c* de los lechos se hace al contrario el trabajo á hueso, y de este modo cuando hace más asiento la fábrica de pequeños materiales que la de sillería, en lugar de abrirse grietas, se comprime la mezcla puesta en *a* por la poca dureza que ha adquirido y permite el movimiento de la fábrica, agrandándose entonces las juntas inferiores de la adaraja, las cuales se rellenan con mortero cuando se verifica el rejuntado.

663. Combinando la rajuela ó el ladrillo con la sillería, se deben estrechar las juntas ó tendeles para que entre las que comprenda un sillar se procure en lo posible que tengan solamente el grueso de una junta de éste ó poco más, apretando las rajuelas ó ladrillos al sentarlos para que, comprimiéndose el mortero, se disminuya la contracción.

664. Las tapias rara vez constituyen el total de una pared á no ser de escasa importancia. Generalmente se encajonan entre machos de mayor y menor ó rafas y verdugadas, hechos con materiales más sólidos como adobe, ladrillo, lancha ó rajuela. A los machos se les puede dejar unas oquedades como la que indica la *c (fig. 324)*, con el objeto de que la tierra entre en ellas y se traben ambas fábricas.

665. Otras varias combinaciones son las que pueden hacerse con las diferentes fábricas y que el lector comprenderá. Los zócalos, esquinas, pilastras, pilares, columnas, plintos, impostas, cornisas, jambas, etc., que son las partes que más solidez deben reunir por formar, digámoslo así, la osamenta de los edificios, se hacen casi siempre de materiales más fuertes que lo restante.

Otras veces, las paredes se revisten por uno de sus paramentos con losas, generalmente de mármol, cuya operación se debe hacer después de construido el muro para dar lugar á que éste haga su asiento, pues si no, las losas sufrirían una presión extraordinaria al verificarlo, y se produciría su rotura ó su separación del resto de la pared.

666. OBSERVACIONES.—En las fábricas hechas con yeso no deben guarnecerse las juntas que las separan de las cadenas á la vez que se levanta la construcción, evitando al mismo tiempo que los mampuestos descansen sobre las adarajas de los machos, á fin de dejar libre el asiento de la fábrica de pequeños materiales, es decir, la hecha con yeso: se rellenan todas las juntas cuando todos los asientos se han verificado.

Cuando los machos forman ángulo, la hinchazón del yeso al endurecerse los desbarataría empujándolos al vacío; por lo que, en este caso menos que en los otros, no deben guarnecerse de yeso las juntas dichas sino dejarlas de 6 centímetros de anchura.

En todos casos, no deben nunca mezclarse materiales muy resistentes con otros muy débiles, porque prescindiendo de lo ridículo de este contraste, donde se ve á la vez economía y lujo, se presenta el grave inconveniente de la desigualdad de los asientos que afecta á la solidez de la obra, debido á la cantidad distinta de mortero que cada fábrica necesita que es lo que se comprime y produce el asiento. Por esta misma causa, la construcción debe ser tanto más esmerada cuanto más de prisa se verifique y peor sea el material que se emplee, pues en ambos casos el asiento es mayor y no puede menos de producir cuarteos en la unión de unas fábricas con otras. En la combinación de la sillería con la mampostería, por ejemplo, aquélla hace un asiento casi nulo mientras que el de ésta es muy considerable, y por lo tanto debe dejarse tiempo á ésta para que lo haga antes de asentar la correspondiente hilada de sillería; de lo contrario, la mampostería se despega de la sillería si la altura de la construcción es algo considerable. No sucede lo mismo en la unión del ladrillo y la mampostería, porque siendo poca la diferencia de sus asientos, traban bien con un poco de esmero que haya en la ejecución de la mampostería. Las verdugadas de ladrillo por la pequeña dimensión de este material se someten en este caso sin obstáculo casi á las inflexiones que el diferente asiento de la mampostería le hace tomar sin que se produzcan grietas.

ARTÍCULO VII

De los vanos y arcos en las paredes y de sus accesorios.

667. CLASIFICACIÓN DE LOS VANOS Ó HUECOS.—Para dar paso, luz ó ventilación, se dejan en las paredes los *vanos ó huecos*, los cuales pueden ser de *puerta ó balcón* si arrancan del piso, y de *ventana* cuando no.

Los huecos de puertas y balcones tienen análoga forma: simplemente rectangulares con los lados mayores verticales ó sustituido el horizontal de arriba por un arco. Los huecos de ventanas pueden ser de forma muy variada, denominándose *mezaninos* cuando son cuadrados, *apaisados* si tienen su altura menor que su anchura ó luz, y *áticos* cuando su alto es vez y media que la luz. El hueco enteramente circular se llama *ojo de buey*, tomando el nombre de *rosetón* cuando forma una especie de flor ó estrella á claraboya *(fig. 346)*, por lo que también se le llama *claraboya*.

Toma el nombre de *lumbrera* el vano que da luz

que las superficies sean lisas y redondeadas, excluyendo en lo posible los huecos y ángulos agudos. Para esto, no hay más que disponer los moldes adecuados, sea en la misma obra *(fig. 342)*, sea aparte para emplear los productos como se hace con la sillería.

651. El hormigón se emplea hoy en la construcción de edificios hasta de dos pisos y este material está indicado siempre que se trate de obtener en el menor tiempo posible, habitaciones sanas y secas y no haya en la localidad otros materiales sino es con un gran costo.

En el campamento de Schorncliffe (Inglaterra) se construyeron gran número de habitaciones de hormigón con cemento, que á pesar de haberse ejecutado en un tiempo muy corto y en el invierno, resultaron excelentes y completamente secas.

En la isla de Wight se han construido varias casas de dos pisos, en el campamento de Boulogne (Francia) se hicieron en siete días cuadras para 350 caballos y finalmente se han edificado con las piedras artificiales de hormigón multitud de casas, especialmente en Londres.

652. Combinado con el hierro puede dar el hormigón una gran seguridad para la construcción de cárceles, pues empotrando de cierta manera trozos de hierro ó de acero usado en la fábrica de las paredes presenta á los que tratan de perforarlas para evadirse una gran dificultad, que es en muchos casos insuperable. Del mismo modo puede aplicarse este sistema en las paredes de locales donde hayan de guardarse valores, y disponiendo el hierro en forma de cadenas servir de un auxiliar poderoso para la resistencia de presas, depósitos de agua, bóvedas, etc.

653. PAREDES DE HORMIGÓN CON ESCORIAS.—Mezclando con agua una parte de cemento y cinco de polvo de carbón de piedra ó escorias de los altos hornos, se han construido paredes, empleando para ello los tapiales. Se tiende una camada de piedra partida y encima la mezcla que se introduce en los intersticios de las piedras. Á las diez ó doce horas ha tomado cuerpo suficiente para quitarse los tapiales y construirse encima otra hilada. Puede emplearse cascajo cuando la obra sea de poca importancia.

654. PAREDES DE MEZCLAS DIVERSAS.—Haciendo uso de encajonados ó tapiales se construyen muros con una mezcla de 5 á 7 partes de arena, una de tierra cocida y otra de cal en pasta, á lo cual puede agregarse $^1/_3$ ó $^1/_4$ de cemento cuando se quiere un fraguado más rápido. En todo caso, se ha de someter la mezcla á un buen batido y extenderla entre los tapiales por capas muy delgadas que se han de apisonar fuertemente; pues de esta operación depende su mayor ó menor resistencia y solidez.

Del mismo modo, con un apisonamiento enérgico, pueden construirse paredes por medio de tapiales, empleando las mezclas con base de cal, cuya composición se ha explicado en su lugar.

655. TAPIAS Ó PAREDES DE TIERRA.—La tierra para hacer esta clase de fábrica debe buscarse ni muy grasa ni muy magra, no siendo obstáculo el que tenga algo de arena, ripio calizo ó de ladrillo ó piedrecillas, y menos si éstas son angulosas. Humedecida, ha de conservar la forma que la mano le dé al apretarla, sin que se pegue á los dedos. Es un indicio de su buena calidad, cuando removida con un pico ó azadón se abre en terrones que es preciso desmenuzar. No debe tener tampoco mezcla de raices ó hierbas, que pudriéndose dejan luego intersticios ó huecos, pero no le perjudica la paja pues en ciertas tierras impide que se agrieteen.

656. Para la construcción de estas paredes se emplean los mismos cajones ó tapiales que para las de hormigón; pero sin los tableros E de los testeros, para que, abandonadas las tierras á sí mismas, formen planos inclinados mediante los cuales las tierras de un tapial se puedan ligar con las del siguiente. De lo contrario, se abren las uniones al secarse la tierra y quedan separados unos de otros. Antes de emplearla, se desmenuza bien la tierra y se la pasa por zaranda con el objeto de que no queden piedras mayores de una castaña. Se la humedece ligeramente y solo lo necesario para que forme miga; es decir, para que apretada con la mano adquiera la suficiente consistencia y no se deshaga la forma que se le hubiere dado. Es la misma humedad que tiene la tierra á medio metro de profundidad.

Se extiende la tierra en el tapial por capas de unos 10 centímetros de espesor estando dentro los operarios, los cuales apisonan fuertemente con el pisón de cuña hasta que da un sonido seco, que es cuando se reduce á la mitad de volumen. De este modo, inmediatamente después de concluido un tapial, pueden sacarse los tableros y proseguirse la obra á continuación.

657. Así como en las paredes de hormigón, los

tapiales de tierra deben hallarse unos sobre otros á juntas encontradas y aquí además los planos inclinados de unión de un banco han de estar en dirección opuesta á los del inferior ó anterior. La misma trabazón tiene que observarse en los encuentros de muros, pudiendo ponerse para más seguridad pedazos de tabla en uno y otro sentido que establezcan continuidad y eviten la separación. Sin embargo, esto rara vez sucede, pues que generalmente se defienden con adobe ó ladrillo todos los ángulos de cualquiera clase que sean, guarneciendo los vanos de puertas y ventanas con madera en ciertas localidades.

Cuando se continúa un tapial después de haber pasado algún tiempo en que el anterior se haya secado, debe picarse la superficie de contacto para su mejor unión. Se usa también extender una capa de mortero en esta junta.

658. La tapia se denomina *real* y adquiere bastante consistencia cuando en vez de agua pura para humedecer la tierra se emplea lechada de cal. Otras veces se extiende sobre las capas cal apagada en polvo, la cual con la humedad de la tierra fragua al cabo de cierto tiempo y da gran dureza á la tapia.

Toman la denominación de *aceradas ó calicostradas* las tapias que tienen un revestido de mortero. Para hacerlo al tiempo de su construcción, se echa la mezcla contra los tapiales antes de extender cada tongada de tierra con objeto de que con el apisonado se mezcle bien con la tierra, formando en los paramentos una costra. Si el revestido se hace en las tapias después de construidas, hay que esperar á que estén enteramente secas y aprovechar un tiempo que no sea húmedo ni tan frío que produzca heladas. Para que el revoque agarre mejor al tapial se acostumbra dar algunos golpes de alcotana en los paramentos, los cuales producen unos agujeros donde se introduce mortero y en el que se incrusta ripio de ladrillo, llamándose á esto *clavos*, en los que se agarra después el revestimiento de mezcla.

659. Se da también más consistencia á las tapias extendiendo sobre cada banco una tongada de mortero y mejor una hilada ó dos de ladrillo sentado con mezcla, á las que se llama *verdugo*. También se colocan ladrillos á trechos durante la construcción de manera que presenten sus cantos en los paramentos para que sirvan de trabazón ó clavo al revestido de mezcla.

Casi siempre las paredes de tierra se refuerzan en los ángulos, jambas de puertas y ventanas, y á cierta distancia cuando no hay estos huecos, con machos de mayor y menor *(fig. 341)*, que se llaman *rafas* en este último caso y se construyen de mampostería ó de ladrillo.

Cuando las tapias están aisladas y no tienen cubierta, se hace preciso defenderlas por la parte superior de la acción de la lluvia, formándoles una albardilla *c (fig. 267)* con ladrillo, teja, losas, bálago, zarzas ú otra cosa equivalente y que resguarde los paramentos.

660. ADVERTENCIAS SOBRE LAS TAPIAS.—La dureza y la solidez del tapial varía, por decirlo así, de uno á otro y de la mañana á la tarde, dependiendo de la destreza y fuerza de los obreros que no trabajan siempre del mismo modo, Por la mañana, la obra hace asiento con solidez. pero á la caída de la tarde el cansancio hace que sea menor el esfuerzo del trabajador y de aquí una especie de imperfección en la obra.

Cada cuadrilla no debe hacer más de 6 á 7 metros cúbicos al día si el tapial ha de ser sólido. Lo que se adelante de esto, cae en perjuicio de la obra.

La lluvia es un inconveniente para la perfección de esta fábrica, que le ataca principalmente si se halla recién construida, por lo que es de muy poca ó ninguna aplicación en países lluviosos.

Las tapias ó paredes de tierra no pueden empezarse á construir junto al suelo, porque éste con su humedad las atacaría, desapareciendo la causa que les da toda su consistencia. Así que, se las libra de esta influencia, construyéndolas sobre un zócalo más ó menos alto de mampostería ú otra fábrica, ya con mezcla ó en seco, al cual se da el nombre de *pie de aguja*.

El uso de esta clase de construcción es muy general, especialmente en nuestros pueblos rurales donde el clima y las tierras lo permiten. En Lyón (Francia) los ricos propietarios tienen sus preciosas casas de campo construidas con tierra revestida de un revoco y pintadas al fresco con el mejor gusto y con el menor coste.

Estas construcciones tienen la ventaja de ser frescas en verano y abrigadas en invierno; son de poco coste y pueden hacerse y habitarse al poco tiempo. Su duración, si está bien hecha, es de siglos. En España, rara es la localidad donde no tenemos ejemplos bien elocuentes, en murallas antiguas medio derruidas hoy y que están por lo tanto expuestas á

todas las inclemencias. Su construcción, sin embargo, procede de la dominación sarracena.

ARTÍCULO VI

Muros de fábrica mixta.

661. COMBINACIONES.—Las diferentes clases de fábrica de que se ha tratado, se combinan muy frecuentemente entre sí, ya para dar más solidez á la obra, ya para hacerla más económica ó para darle un aspecto variado.

En las fábricas de cantería, especialmente cuando el espesor es algo considerable, se forman los paramentos de sillería *(fig. 343)* y el interior de sillarejo, de ladrillo, de mampostería ó de hormigón.

Los sillares han de formar soga y tizón alternativamente para que traben con la fábrica interior, estableciendo además de cierta en cierta altura hiladas de sillería cuajada que unan uno y otro paramento ó cuando menos perpiaños de trecho en trecho ó áncoras de hierro de un modo análogo á lo que se ha explicado respecto de las fábricas de rajuela y de mampostería (624 y 643).

Las mismas combinaciones pueden hacerse con el sillarejo cuando éste constituye los frentes, pudiendo ser el interior de ladrillo, de mampostería ó de hormigón.

Si el ladrillo forma los paramentos, puede hacerse su interior con mampostería ú hormigón, estableciendo los mismos dientes y vacíos que en la sillería; pero formados aquí con varias hiladas de ladrillo y uniendo ambos haces de cierta en cierta altura con verdugadas.

Al tratar de las fábricas de hormigón, se indicaron los refuerzos que este material necesita (649), constituyéndose por lo tanto una fábrica mixta y lo mismo sucede en las paredes de tapia reforzadas con otra fábrica (657 y 659).

La combinación se establece también por hiladas horizontales, haciendo cada una de distinto material ó alternando dos solamente, resultando así un paramento fajeado muy vistoso cuando son de distinto color ó matiz.

662. Se hacen también las combinaciones en los paramentos, formando con sillería, sillarejo ó ladrillo las esquinas *ee (fig. 344)*, así como de cierta en cierta distancia los machos *mm*, unos y otros adentellados ó sea de mayor y menor, para que traben con lo restante del muro que se construye de una fábrica inferior. Debe tenerse cuidado, al construir estos machos, de empezar en la parte inferior por la mayor longitud, y si el macho es de cantería colocar de soga el primer sillar, llamado entonces mayor, y de tizón el superior (menor), de modo que éste tenga por cada lado menos línea ó longitud que el inferior, debiendo ser esta diferencia cuando menos de 20 centímetros en cada lado.

De cierta en cierta altura se establecen además verdugadas de ladrillo *em*, ó de la misma fábrica que los ángulos y machos, formándose unos cajones *C* de la obra más inferior que toman el nombre de *fraga*.

Estas bandas ó fajas, sean verticales ú horizontales, se llaman en general *cadenas*, y á esta clase corresponden los zócalos, plintos ó cordones y cornisas, así como las pilastras, de que se ha hablado al tratar de los muros en general (595).

Las cadenas horizontales tienen la ventaja de que traban en toda su extensión las fábricas de menores materiales sobre los que reposan; mas las verticales, si bien dan solidez en los puntos en que se encuentran, hacen menos asiento que los cajones, despegándose la una fábrica de la otra, por lo que deben emplearse sólo cuando sobre esos puntos hayan de estribar ó cargar mayores esfuerzos que sobre el restante muro. Lo mismo las cadenas horizontales que las verticales, resaltan generalmente del paramento dando á la obra un aspecto robusto. Las cadenas verticales, cuando son pilastras de basa y capitel, deben trabar bien con la fábrica restante de las paredes por medio de adarajas, como machos de mayor y menor y más si son de varias hiladas, y para aminorar los efectos que la desigualdad de asiento produce entre una cadena vertical y el muro que refuerza, se extiende en las partes *a* *(fig. 345)* de los sobrelechos de las piedras de soga ó mayores una tongada de mortero de unos 4 centímetros de espesor fabricado de modo que su fraguado sea más lento que el del empleado en el resto de la fábrica. En las partes *c* de los lechos se hace al contrario el trabajo á hueso, y de este modo cuando hace más asiento la fábrica de pequeños materiales que la de sillería, en lugar de abrirse grietas, se comprime la mezcla puesta en *a* por la poca dureza que ha adquirido y permite el movimiento de la fábrica, agrandándose entonces las juntas inferiores de la adaraja, las cuales se rellenan con mortero cuando se verifica el rejuntado.

663. Combinando la rajuela ó el ladrillo con la sillería, se deben estrechar las juntas ó tendeles para que entre las que comprenda un sillar se procure en lo posible que tengan solamente el grueso de una junta de éste ó poco más, apretando las rajuelas ó ladrillos al sentarlos para que, comprimiéndose el mortero, se disminuya la contracción.

664. Las tapias rara vez constituyen el total de una pared á no ser de escasa importancia. Generalmente se encajonan entre machos de mayor y menor ó rafas y verdugadas, hechos con materiales más sólidos como adobe, ladrillo, lancha ó rajuela. A los machos se les puede dejar unas oquedades como la que indica la *c* *(fig. 324)*, con el objeto de que la tierra entre en ellas y se traben ambas fábricas.

665. Otras varias combinaciones son las que pueden hacerse con las diferentes fábricas y que el lector comprenderá. Los zócalos, esquinas, pilastras, pilares, columnas, plintos, impostas, cornisas, jambas, etc., que son las partes que más solidez deben reunir por formar, digámoslo así, la osamenta de los edificios, se hacen casi siempre de materiales más fuertes que lo restante.

Otras veces, las paredes se revisten por uno de sus paramentos con losas, generalmente de mármol, cuya operación se debe hacer después de construido el muro para dar lugar á que éste haga su asiento, pues si no, las losas sufrirían una presión extraordinaria al verificarlo, y se produciría su rotura ó su separación del resto de la pared.

666. OBSERVACIONES.—En las fábricas hechas con yeso no deben guarnecerse las juntas que las separan de las cadenas á la vez que se levanta la construcción, evitando al mismo tiempo que los mampuestos descansen sobre las adarajas de los machos, á fin de dejar libre el asiento de la fábrica de pequeños materiales, es decir, la hecha con yeso: se rellenan todas las juntas cuando todos los asientos se han verificado.

Cuando los machos forman ángulo, la hinchazón del yeso al endurecerse los desbarataría empujándolos al vacío; por lo que, en este caso menos que en los otros, no deben guarnecerse de yeso las juntas dichas sino dejarlas de 6 centímetros de anchura.

En todos casos, no deben nunca mezclarse materiales muy resistentes con otros muy débiles, porque prescindiendo de lo ridículo de este contraste, donde se ve á la vez economía y lujo, se presenta el grave inconveniente de la desigualdad de los asientos que afecta á la solidez de la obra, debido á la cantidad distinta de mortero que cada fábrica necesita que es lo que se comprime y produce el asiento. Por esta misma causa, la construcción debe ser tanto más esmerada cuanto más de prisa se verifique y peor sea el material que se emplee, pues en ambos casos el asiento es mayor y no puede menos de producir cuarteos en la unión de unas fábricas con otras. En la combinación de la sillería con la mampostería, por ejemplo, aquélla hace un asiento casi nulo mientras que el de ésta es muy considerable, y por lo tanto debe dejarse tiempo á ésta para que lo haga antes de asentar la correspondiente hilada de sillería; de lo contrario, la mampostería se despega de la sillería si la altura de la construcción es algo considerable. No sucede lo mismo en la unión del ladrillo y la mampostería, porque siendo poca la diferencia de sus asientos, traban bien con un poco de esmero que haya en la ejecución de la mampostería. Las verdugadas de ladrillo por la pequeña dimensión de este material se someten en este caso sin obstáculo casi á las inflexiones que el diferente asiento de la mampostería le hace tomar sin que se produzcan grietas.

ARTÍCULO VII

De los vanos y arcos en las paredes y de sus accesorios.

667. CLASIFICACIÓN DE LOS VANOS Ó HUECOS.—Para dar paso, luz ó ventilación, se dejan en las paredes los *vanos ó huecos*, los cuales pueden ser de *puerta ó balcón* si arrancan del piso, y de *ventana* cuando no.

Los huecos de puertas y balcones tienen análoga forma: simplemente rectangulares con los lados mayores verticales ó sustituido el horizontal de arriba por un arco. Los huecos de ventanas pueden ser de forma muy variada, denominándose *mezaninos* cuando son cuadrados, *apaisados* si tienen su altura menor que su anchura ó luz, y *áticos* cuando su alto es vez y media que la luz. El hueco enteramente circular se llama *ojo de buey*, tomando el nombre de *rosetón* cuando forma una especie de flor ó estrella á claraboya *(fig. 346)*, por lo que también se le llama *claraboya*.

Toma el nombre de *lumbrera* el vano que da luz

y ventilación desde el techo ó bóveda, y de *tragaluz* el que, con el mismo objeto, tiene una forma que ensancha de fuera á dentro para esparcir la luz, siendo por lo general un óvalo en declivio circular.

668. ESTRUCTURA DE LOS HUECOS.— En los edificios, cuyos huecos son rectangulares por lo general, constituyen el contorno de los vanos: inferiormente, el umbral *U, U', U''* en las puertas *(fig. 347)*, la *repisa R, R'* en los balcones *(figura 348)*, y la *mesilla ms, m' s'* en las ventanas *(fig. 349)* formando un antepecho; en los lados verticales todos los vanos tienen dos *jambas* ú hombreras *J, J'*, y en la parte superior se cierran con un *dintel* que puede ser una viga ó un arco adintelado como el *ab* de la *fig. 347*, ó con un arco, unas veces rebajado y otras de medio punto ó de otra clase. Cuando las jambas y dintel son de piedra labrada toman el nombre de *tranqueros*.

669. La disposición de las puertas y ventanas para cerrar los huecos ó tenerlos abiertos á voluntad exige que se ensanchen hacia el interior del edificio en la forma que indican las líneas quebradas *ar* de la *figura 347*.

El cerco de madera de donde se cuelgan las puertas, se aloja en el ángulo entrante *a'on* llamado *alfeizar*, en el que el plano *oa'* denominado *batiente*, ha de tener la suficiente anchura para que las puertas puedan permanecer embebidas en él cuando están abiertas, sin que sobresalgan del plano *a'a'* llamado *telar*. Con el mismo objeto, así como con el de que el hueco dé más luz al interior, el corte *nr* llamado *derrame* y también *alfeizar*, tiene cierto falseo ú oblicuidad con respecto al telar. El arco proyectado en *tx*, que cubre la parte correspondiente á los derrames, se *capialza*, es decir, se levanta por el lado que abre la puerta y se llama por esto *capialzado*, siendo su forma muy varia. Los telares, cuando son de mampostería ó sillería, no tienen más de 16 á 20 centímetros de anchura, y sólo el ancho del ladrillo cuando se construyen de este material, pues resulta de muy mal efecto si se les da más; acostúmbrase á darles en ciertos estilos la oblicuidad del derrame, en cuyo caso toman el nombre de alfeizar exterior.

670. DISTINTAS CLASES DE ARCOS.— Cuando los huecos se cierran superiormente por medio de un arco, éste puede afectar muy diversas formas, que ahora debemos exponer. En su principio, los huecos se cubrieron con una piedra horizontal que descansaba sobre otras dos verticales ó jambas; después se salvó el vacío por medio de varias piedras que avanzaban ó tenían más saliente cuanto más altas estaban.

El arco se denomina *de medio punto*, cuando comprende media circunferencia *(fig. 350)*; *rebajado* y también *de punto hurtado ó escarzano*, si su sagita ó flecha es menor que la semiluz *(fig. 351)*, y *peraltado*, cuando abraza más de media circunferencia, tomando el nombre de *peralte* este exceso. El apuntado de la arquitectura ojival *(fig. 352)* y los arábigos ó de herradura *(fig. 353)* pertenecen á esta clase, así como á los rebajados el arco de la *figura 354*, que se denomina *conopial ó en talón* que le hace semejante á un pabellón ó cortinaje.

Los arcos rebajados pueden ser deprimidos en su medio *(fig. 355)* ó ser angulares rectilíneos formados de dos rectas *(fig. 356)*. Cuando son tan rebajados que degeneran en una recta *(fig. 347)*, se denominan *degenerados, adintelados, á nivel ó á regla*.

Se dice que los arcos son rebajados al tercio, al cuarto, etc., cuando ésta es la relación entre la flecha y la luz. Así, un arco de 2 metros de amplitud ó luz y 0,40 de flecha, es rebajado al quinto, pues $\frac{0,40}{2,00} = \frac{1}{5}$ (a).

Además de los arcos de círculo, se emplean en cerrar los huecos los arcos *elípticos ó de vuelta de cordel*, donde la curva es una semielipse, denominándose *rebajados* cuando la luz del arco es el eje mayor y *peraltados* cuando lo es el menor. La elipse se sustituye generalmente con una curva compuesta de tres ó más arcos de círculo llamada *carpanel ó apainelada (fig. 357)*.

Esta curva ha de tener sus dos arcos de arranque como los de medio punto con su tangente vertical. Para que los arcos de círculo, en número siempre impar, no presenten *garrotes* en su unión, los centros de dos arcos sucesivos *c,c'* deben encontrarse en la misma línea que pasa por el punto de contacto *d* de los arcos, y los radios que confluyen á estos puntos, deben hacer ángulos iguales entre sí y al cociente resultante de dividir 180° por el número de los arcos que deben componer la curva. Así, según que ésta sea de 3, 5 ó 7 centros, los di-

(a) El radio del arco se determina por la expresión $r = \frac{l^2 + f^2}{2f}$ donde *l* es la semiluz y *f* la flecha.

versos radios formarán respectivamente entre sí ángulos de

$$\frac{180^\circ}{3} = 60^\circ, \text{ de } \frac{180^\circ}{5} = 36^\circ \text{ y de } \frac{180^\circ}{7} = 25^\circ\,42',51''$$

El arco *apuntado* de la *figura 352*, está compuesto de dos *ac, bc* que se cortan en el vértice *c* formando ángulo curvilíneo; y se denomina *de todo punto* cuando los centros de los arcos están en los arranques *a,b* y valen 60° cada uno, *peraltado* si se hallan fuera del arco en *e,e (fig. 236)* y *rebajado* en el caso de estar dentro como en *d,d.* Estos arcos se denominan también *túmidos* ó *hinchados* cuando ensanchan en el medio de su altura, como los dos indicados en la *figura 353*.

Los arcos se dicen *trebolados* cuando se componen de otros tres *(fig. 358)* como la flor del trébol. Si en lugar de tres, son varios los arcos de círculo, los arcos se llaman *angrelados* ó *polilobulados,* y si son muchos *(fig. 359)* se dicen *festonados,* y *en zetas* ó *en zigzag* cuando se reemplazan los arcos por las cuerdas de sus mitades *(fig. 360).*

Los vanos parabólicos son poco usados, acudiéndose á ellos únicamente en casos especiales.

El vano de una ventana se divide algunas veces en dos por medio de una columna *(fig. 349),* tomando el nombre de *ajimez* en el estilo ojival y árabe. Otras veces se divide en tres ó más arcos como se observa en algunos templos del arte ojival, de que es un ejemplo la *fig. 362* que representa una ventana de la catedral de León. Dentro del mismo vano se figuran otros como motivo de decoración según indica la *fig. 363* que corresponde á la capilla de Omnium Santorum de Sevilla.

671. DISTRIBUCIÓN DE LOS HUECOS EN UNA PARED.—Se llama *arquería* y también arcada, aunque esta palabra se aplica especialmente en los puentes, al conjunto ó série de arcos levantados sobre columnas ó machones como se ve en los pórticos y claustros.

Cuando se trata de elevar una pared, la disposición que á igualdad de las demás circunstancias proporcionará más economía es aquella en que la relación entre los vanos y los macizos sea la mayor, lo que se obtiene casi siempre adoptando los arcos de medio punto ó los escarzanos sobre machones. Si se han de ejecutar dos órdenes de arcos en que cada uno de los inferiores haya de soportar en su vértice un macho del orden superior, el arco ojivo es el únicamente admisible para el orden inferior. Cuando una série de pequeños arcos ha de apoyarse sobre otra de luces más considerables, los arcos de la parte inferior deben ser rebajados todo lo posible. Los dos sistemas anteriores podrán reunirse cuando se trate de ocupar una altura considerable por medio de tres órdenes de arcos superpuestos. Se obtendrá el mismo objeto por medio de tres séries de arcos ojivos superpuestos, de modo que el número de los del segundo sea doble del primero y el del tercero duplo también que el del segundo. Esta última disposición dará más economía, siendo la relación de los huecos á los macizos más considerable.

672. Cuando se requiere mucha firmeza se hacen los pilares ó machones de tanta anchura ó vez y media que los huecos, abriendo entonces ventanas en ellos como las *A* de la *fig. 364* y también en los espacios triangulares *B* comprendidos entre cada dos arcos á cuyos espacios se da el nombre de *senos.*

Si se sustituyen los pilares ó machones por columnas *(fig. 365),* el intereje de éstas se hace $^1/_3$ á $^1/_4$ del vano según que pertenezcan al orden toscano y dórico ó al jónico, corintio ó compuesto. En la Alhambra sobre las columnas bajas del patio de los Leones descansan columnas apareadas *(figura 366)* sobre las que apoyan los arcos. En Córdoba, la catedral (antigua mezquita) tiene arcos superpuestos *(fig. 367)* apoyando los inferiores en columnas y los superiores en pilastras verticalmente dispuestas sobre las anteriores; y en la Aljafería de Zaragoza las arcadas inferiores festonadas *(figura 368)* sirven de apoyo á otros arcos del mismo orden que van de una cumbre á otra sirviendo á su vez de sosten á otras también apoyadas del mismo modo.

673. PARTES QUE CONSTITUYEN UN ARCO.—Los muros en que descansa un arco se se llaman *estribos* y los puntos *a,b* de las figuras anteriores donde se encuentran con los arcos, son los *arranques* de éstos.

Intradós ó *boquilla* es la superficie cóncava inferior ó visible *avb* del arco *(fig. 350)* y *trasdós* la convexa exterior *ged.* La distancia *ve* que queda entre ambas se llama *espesor.*

El punto culminante *v* se llama *vértice* ó *corona,* dándose el nombre de *riñones* á la parte media comprendida entre el vértice y los arranques.

Las diferentes piezas que constituyen un arco y que como se sabe por la Estereotomía tienen la forma de cuñas, se llaman *dovelas,* cuyo despiezo

(514) en partes iguales ha de dar número impar para que haya una central *ve* que cierre el arco y á la que se da el nombre de *clave*, siendo *contraclaves* las adyacentes. Las dovelas *aghc*, que descansan sobre los arranques teniendo un lecho *ga* horizontal y otro *hc* inclinado, se llaman *almohadones*, y en este caso se dice que la primera hilada *mueve de cuadrado*, moviendo de *salmer* cuando se apoya sobre una superficie inclinada *(fig. 351)*, por lo que se da dicho nombre de salmer á las piedras *S*. Por último, la cara visible *achg (figura 350)* de las dovelas que forman paramento ó sea el frente del arco, se llama *cabeza*.

Las dimensiones de las dovelas dependen del tamaño de las piedras disponibles; sin embargo, como se dijo al tratar de la fábrica de sillería de paredes, su longitud no debe ser demasiado grande respecto de su espesor.

674. PREVENCIONES SOBRE EL DESPIEZO DE LOS ARCOS. — En arcos adintelados, cuanto más bajo se halle el centro *c (fig. 347)* al que confluyen las juntas de lecho, menos inclinadas serán éstas y el arco necesitará menos espesor; pero transmitirá más empuje á los estribos. Por lo tanto, se subirá ó bajará el centro, según sea la necesidad; sin embargo, generalmente se determina formando el triángulo equilátero *abc*. Se quita el ángulo agudo de las dovelas haciendo sus lechos normales al intradós en la parte comprendida entre la horizontal *ab* y el arco trazado desde el punto *c* con el radio *ca*, como se ve en la izquierda de la figura. Siempre que sea posible, los dinteles deben formarse de tres dovelas no más, siendo la clave algo mayor. Cuando sea necesario emplear más, ha de procurarse que su espesor vaya creciendo desde los arranques á la clave para que la presión normal de unas dovelas con otras encuentre á las juntas ó proyecciones verticales de los lechos, pues debe tenerse presente que la resistencia del arco depende solamente del espesor *od* y que la parte *avbo*, comprendida desde el arco trazado desde *c* y el dintel *ab*, no influye en dicha resistencia, antes bien tira de la parte de encima con la acción de su peso; por lo que resulta indiferente que sea vertical esta parte de los lechos, no haciéndolos de este modo para evitar que se rompan las piedras en esta parte si la labra de las juntas no es esmerada.

El despiezo de un arco compuesto de varias curvas, se subordina á la necesidad de que las juntas no caigan en los ángulos agudos. Así en la *figura 358* se procura huir del ángulo agudo donde se encuentran los arcos, porque pudiera quebrarse al menor movimiento. Por la misma razón, las juntas de los arcos *(figs. 359, 360* y *368)* deben caer en el medio de los arcos ó en la parte entrante de los festones ó zetas.

Para que no haya ángulo agudo en los salmeres cuando la fábrica se proyecta de sillería, se tiene cuidado al hacer el despiezo del muro, de que las juntas de hilada no pasen por la línea de arranques sino más arriba ó más abajo, como la *xy (figs. 351* y *347)*.

El arco, cuyas dovelas tienen el mismo espesor en todo su frente *(fig. 350)*, da una completa separación con el muro, lo cual nada tiene de particular cuando es de material diferente; pero cuando arco y muro son de una misma clase, especialmente si es sillería ó sillarejo, debe combinarse el lecho inclinado de cada dovela con los horizontales del muro, como indica la *figura 351*.

También se adopta la disposición que indica la derecha de la *figura 347* en las dovelas *A* y *B*, cuyo despiezo se llama á *montacaballo;* pero esto, como se ve, puede ocasionar la ruptura de las piedras por la forma angular de su asiento, y es además de difícil labra, si se quieren obtener ángulos iguales en las piedras.

675. CAPIALZADOS. — El capialzado (669) correspondiente á un arco adintelado, no es más que un plano que se proyecta en *tx (fig. 347);* pero los que tienen una línea curva, forman ya superficies curvas.

En los capialzados hay que considerar tres cosas: 1.ª, el arco del telar que está sobre las mochetas y que puede ser á regla, escarzano ó de medio punto; 2.ª, otro arco muy semejante al anterior que se halla en la parte interior del telar, llamado *arco de alféizar*, contra el cual encajan las hojas de la puerta ó ventana, y 3.ª, una superficie curva que se va ensanchando por arriba y por los lados, cuyo destino es sostener lo demás del grueso de la pared.

Varios son los capialzados que se usan, y entre ellos están los siguientes:

El capialzado *escarzano, cónico recto (fig. 369)*, cuya superficie curva es porción de cono recto, en donde los arcos de cara *acb* y de alféizar *gef* son concéntricos en el alzado, pero no semejantes, por coger el uno más grados que el otro.

El capialzado *escarzano, oblícuo* ó *aviajado (fi-*

gura 370), cuyos arcos de cara *acb* y de alféizar *ge*, no son ni semejantes ni concéntricos en el alzado, pues tienen sus centros en *o* y *o'*, siendo la superficie correspondiente á un cono escaleno y no pasando así el vértice *c* del arco de cierta altura.

El capialzado cuyo arco de alféizar *gef (figura 371)*, es una semicircunferencia y el de cara *acb* no llega, llamado de Marsella cuando las curva de encuentro *ga*, *fb* con el alféizar son arcos de círculo ó porciones del arco de alféizar.

El capialzado *á regla (fig. 372)* en que el arco de alféizar *gf* es adintelado y el de cara *dcb* de medio punto, elíptico ó escarzano. Si es lo primero, se llama también de San Antonio.

Las circunstancias exigen algunas veces dar á los huecos más amplitud por un lado que por otro, y de aquí el origen del *cuerno de vaca (fig. 373)* y del *paso en derramo (fig. 374)*. El primero es un arco cuyo intervalo está entre dos semicírculos excéntricos *acb*, *geb*. El segundo es otro arco que tiene su vértice *c* á nivel, así como sus arranques, que son convergentes *ag*, *eb*, siendo elíptica una de sus curvas directrices *acb* ó las dos.

676. En todos estos arcos hay que tener presente el giro de la puerta para que el capialzado no embarace ó impida su uso, colocando los arranques *a*,*b* del arco de cara *(fig. 369 á 371)* más altos que el punto correspondiente de la puerta que ha de quedar con la esquina *aa*, *a'*. Para ello, si la longitud *a'g'* del alféizar es igual á la mitad *g'e'* de la luz del vano, se tirará por el medio *e* del arco de alféizar una horizontal *ea*, que corte en *a* la vertical *aa* del vivo del derramo y el punto *a* será el arranque más bajo que podrá darse al arco de cara *acb*. Si la longitud del alféizar es menor *(fig. 370)* que la semiluz, se podrá fijar dicho arranque un poco más abajo, satisfaciendo la condición de que el punto *a* esté á la misma altura que el *x* de la puerta correspondiente á la esquina *aa'* cuando se halle abierta aquélla.

677. GUARNECIDO DE LOS VANOS.— El jambaje y dintel de una puerta ó ventana se adornan ó *guarnecen* generalmente construyéndose muchas veces con material mejor que el resto de la pared. En su ejecución se exige limpieza y exactitud, porque siendo un motivo de decoración salta á la vista la menor falta que se cometa.

Esta ornamentación admite gran variedad de adornos, ya indicándolos simplemente, ya tomando un gran desarrollo, especialmente en el dintel, que se puede cubrir con un sobrearco ó un sobradillo que lo defienda de las aguas pluviales cuando los huecos son de fachada.

Cuando la luz de un vano se salva con un arco *(fig. 350)*, la banda curva ó corona *agedb*, llamada *archivolta*, puede arrancar de una imposta *am*,*bn*, ó ser continuación de las jambas *J J (figura 375)*. Análogamente, se establecen molduras corridas *acbd (fig. 376)* que abrazan la parte superior del contorno de los huecos, arrancando de *repisas R* ó uniéndose á cadenas horizontales molduradas *A*, que sirven al mismo tiempo para trabar la fábrica de la pared.

En balcones ó ventanas que han de llevar persianas de cortina no conviene hacer arcos por el mal efecto que producen, pues aquéllas no pueden pasar de los arranques del arco y dejan sin proteger la parte superior.

678. Se construyen sobre los huecos unos *capirotes* ó *guardapolvos gp (fig. 348)* que parecen ser para preservarlos de la acción de las lluvias ó del sol, aunque en rigor no cumplen hoy con este objeto por su poco vuelo. Su forma es muy variada y cuando tienen bastante salida se apoyan en ménsulas *N*, *N'*.

La forma de frontón que se les da muy comunmente parece absurda á algunos autores cuando hay un entablamento para coronación de la pared, el cual debe cubrirla toda, pues resulta un tejado pequeño, que es el frontón del vano, protegido por otro mayor, que es el entablamento. Parece sin embargo que si esto es verdad tratándose de defender ventanas, no sucede lo mismo si se establecen balcones, pues en este caso tienen su razón de ser porque atienden á proteger su repisa, á la que no alcanza la cornisa ó alero de la cubierta. Lo mismo puede decirse de las ménsulas cuando las hay también en el cornisamento. En los arcos ojivos, el frontón llamado *gaballete* se reduce á las dos cornisas rampantes, las cuales forman un ángulo agudo.

679. COLOCACIÓN DE CERCOS EN LOS VANOS Y SU ACOMPAÑAMIENTO. — Para que en su día puedan colocarse las puertas ó ventanas y también con el objeto de servir de guía en la construcción de las jambas del vano, se asegura en el espacio que ha de servir de alféizar un cerco formado de dos largueros *ab*, *ab (fig. 377)* ensamblados á caja y espiga en una solera *aa* y sujetos por su parte superior por un travesaño ó cabezal *bb*. Si no tiene solera el cerco, se clava

provisionalmente en la parte inferior de los dos largueros ó piernas un listón para que conserven su paralelismo, mientras se asegura en su sitio, además de las *chambranas* ó listones que se fijan en los ángulos para que no varíen éstos: unos y otros se fijan del lado opuesto á donde se abre la puerta.

Este cerco se puede colocar en su sitio al propio tiempo que se construye la pared si se emplea yeso, pero no si se gasta mezcla de cal y arena porque en el considerable tiempo que ésta necesita para secarse se puede pudrir la madera, y por lo tanto no se coloca sino al hacerse los revocos. En el primer caso, se presenta el cerco en su sitio antes de levantar la pared, sosteniéndolo provisionalmente con vientos de madera V, V'. Se ponen á plomo las piernas y horizontal el cabezal, lo que se ve con la plomada y el nivel, y se asegura en su posición para acompañarlo con la fábrica de la pared. Sea cal, sea yeso el que se gaste, deben acodalarse los cercos en dos ó tres puntos de su altura A, A, para evitar que con la humedad tomen vicio las maderas imposibilitando después la colocación de la puerta. Y como este cerco es el batiente contra el que se fija y cierra la puerta ó ventana, se coloca de modo que cuando haya de cubrirse el suelo con estera ó alfombra, no estorbe ésta para el giro de las puertas. Los largueros van provistos de tarugos T, T, llamados *aspillas*, que los aseguran en la fábrica además de contribuir á ello los extremos de la solera y del travesaño superior llamados *cogotes*. También se hacen astillados con la azuela en la parte que ha de dar contra la fábrica, cuando ésta se hace con yeso para que agarre éste. En tabiques y especialmente si son de panderete, es preciso asegurar más los cercos, sea haciéndoles unas ranuras verticales donde se alojen los cantos de los ladrillos ó guarneciendo esta parte de clavos para que á ellos se agarre el yeso. Algunas veces se agregan unas garras de hierro que se atornillan en el cerco, una en el cabezal y dos ó tres en cada pierna. Si se emplean morteros de cal, es necesario acudir á estos medios para que el cerco quede seguro y firme.

De todos modos, se acompaña éste según se va subiendo la fábrica, rellenando con cascote y mezcla el hueco entre las piernas y la obra. Ni los codales ni las chambranas ó listones se quitan hasta que no ha fraguado la fábrica.

Cuando se ha de colocar el cerco después de terminada la obra de albañilería se abren con la alcotana *(a)* ó se dejan abiertos cuando se construye, dos hoyos donde entren los piés de los largueros ó piernas, así como á la altura correspondiente se dejan los huecos ó mechinales convenientes pare alojar en ellos los cogotes ó partes salientes de la solera y del cabezal así como los tarugos ó aspillas dichas. Pueden también empotrarse en la fábrica unos nudillos n, $n'n'$ que sirvan para fijar en ellos los cercos cuando hayan de colocarse las puertas ó ventanas. Los nudillos se sustituyen otras veces con dados de piedra, y en este caso, así como cuando el telar es de sillería, se asegura el cerco por medio de pernos que atravesando la madera se empotran con plomo en la cantería. Para ello, antes de sentar el sillar se le hacen las cajas convenientes para que el perno quepa con holgura, se introduce la rosca de éste y se rellena de plomo derretido. De este modo, al sacar el perno queda formada la hembra del tornillo y cuando se halla colocado el cerco en su sitio puede fijarse éste atravesándolo con el perno de manera que su rosca entre en la expresada hembra de plomo.

En la colocación de los cercos debe tenerse presente el sentido en que ha de abrir la puerta. Generalmente abren girando de izquierda á derecha mirando desde el exterior á no ser que las circunstancias especiales de su situación exijan lo contrario para que no estorben al paso.

680. La construcción de las jambas de un vano cuando la fábrica es de mampostería ó ladrillo se acomoda á la forma irregular del perfil que ha de presentar el contorno, procurando no perder la trabazón de los materiales. Cuando las jambas son de sillería y no tienen más objeto que adornar las esquinas ó aristas del hueco, pueden colocarse con sus lechos de cantera verticales á pesar de lo dicho al tratar del desbaste de la piedra (61) puesto que es de poca importancia el peso que han de soportar; pero dejando bastante holgura en su sobrelecho para que sobre ellas no descanse el dintel que las haría estallar cuando se verificara el asiento de la obra superior. De este modo, al descender la obra por consecuencia de dicho asiento ocupará la holgura que se hubiere dejado.

Las aristas ó ángulos salientes de las jambas, especialmente las del derrame con el paramento in-

---

(a) Herramienta con mango como un pico, terminada por un lado como hacha y por el otro como azuela.

terior, se defienden muchas veces, al mismo tiempo que se adornan, con listones moldurados de madera, con planchas ó con hierros angulares.

En las puertas cocheras se labran los umbrales de manera que encarrilen las ruedas de los vehículos con el fin de que los cubos de las mismas no rocen en las jambas ni en las puertas facilitando al mismo tiempo la entrada. Con el mismo objeto, se colocan además en los ángulos del umbral con las jambas unos recantones ó guardacantones de piedra los cuales se hacen hoy de hierro colado formando un arco.

681. REPISAS DE BALCONES Y MIRADORES.—Estos cuerpos voladizos que reciben y están limitados exteriormente por los antepechos, cuando se forman de una sola piedra ó losa *(figura 378)*, quedan firmes con el empotramiento de sus extremos en la fábrica de la pared ó el peso de las jambas; pero no deben descansar más que por dichos extremos dejando alguna holgura en el medio de su lecho que corresponde al vano para que al hacer asiento la fábrica de la pared que carga sobre los extremos de la losa pueda descender ésta por su centro donde no sufre carga alguna y ocupe la holgura que se le había dejado, procediendo entonces al relleno con mortero de la junta que haya quedado. De lo contrario, podría suceder que la repisa se partiera por su medio *or*, si el asiento fuera mayor en los extremos que en el centro, pues que para descender tendería á seguir la línea quebrada ó curva *aoa*.

La repisa se labra de manera que su cara superior ó sea el solado del balcón tenga una ligera inclinación hacia fuera, $^1/_{20}$ próximamente de la anchura, con objeto de que viertan las aguas pluviales que caen directamente ó que escurren de la puerta y jambas á las que azotan por la acción del viento. Si la repisa está cubierta de baldosas ó de otro revestimiento análogo se da á éste la pendiente. El agua de lluvia además, cuando la madera no ajusta bien, penetra en el interior del edificio y para echarla fuera se hace en algunas partes una canalita *c* á lo largo del batiente donde se recoje y puede salir fuera por medio de un tubo *cn* que atraviesa la repisa. Para tomar ó no esta precaución debe fijarse el constructor en la dirección de los vientos cuando llueve en la localidad, pues si el balcón está expuesto á los dominantes, toda precaución será poca para evitar la entrada de las aguas.

Como en todo cuerpo volado, la parte durmiente de una repisa debe contrarrestar el peso de la que vuela teniendo en cuenta la parte empotrada. Si las repisas se forman de varias piezas hay que tener en cuenta el peso de las personas que pueden asomarse al balcón haciendo que las losas voladas *L, L' (fig. 377)*, en la parte que coge el hueco queden sujetas por el travesaño inferior ó solera *aa*, del marco de la puerta. Se forma también la repisa con losas ó ladrillos sobrepuestos que avanzan ó vuelan unos sobre otros hasta ganar la salida que se desea como en la construcción de las cornisas, lo cual da una obra muy pesada y se adopta hoy muy pocas veces. Las losas ó solado del balcón se hacen descansar también en ménsulas de piedra *M (fig. 348)* empotradas en la pared por su entrega ó sujetas al macizo de la misma por medio de estribos y barras de hierro. Si la repisa se forma de dos ó más piedras se hace que las juntas caigan sobre las ménsulas y si esto no es posible, se labran dichas juntas de manera que la flexión de una piedra interese á la otra disponiéndolas como los ensambles *B* ó *E* indicados para las tablas en la *fig. 200*, ó encajando entre una y otra fuertes tacos de piedra como se indica en *D*.

En los balcones de madera, su piso se forma sobre canecillos *en (fig. 379)* empotrados en la pared por su entrega *ea*, los cuales se apean por ménsulas *msa* de tabla recortada en su frente inclinado *sm* y generalmente calada más ó menos. El recortado en estas piezas debe ser sóbrio, sin penetrar mucho en la madera para no hacerla frágil; y si por consecuencia de un dibujo complicado la madera se encuentra en malas condiciones para el calado se forma entonces la cartela ó cartabón de varias piezas de modo que las fibras estén en el sentido conveniente para que no se raje la tabla. Se apean también las repisas por medio de jabaleones *jb (fig. 380)*, los cuales se recortan más ó menos ó se achaflanan simplemente.

También se utilizan para hacer las repisas las cabezas de los maderos que forman los pisos del edificio á los cuales se les da mayor longitud en la parte que coge el balcón para que sobresalgan fuera de la fachada y sirvan de canecillos.

La fundición y el hierro laminado sustituyen con ventaja á la piedra y á la madera cuando hay necesidad ó conveniencia de proporcionar apoyos salientes, dándoles la forma de ménsulas por medio de cartelas de hierro, las cuales bien empotradas

en la pared pueden tener salidas ó vuelos de consideración. Las fundiciones ofrecen al comercio repisas de hierro colado de rica ornamentación y poco coste relativo por vaciarse en moldes. Se forman también estos cuerpos volados con trozos de viguetas de hierro ó acero laminado de sección de doble T tal como se indica en *A*, *A'* (*fig. 381*) empotrados por una de sus extremidades en la pared, los cuales pueden estar además apeados por cartelas de fundición, formándose el frente *B*, *B'*, con otra vigueta unida á las anteriores por medio de escuadras de hierro (*fig. 151*). El pavimento del balcón puede sentarse sobre bovedillas ú otros medios de los que se explicarán al tratar de los pisos, ó con una plancha de fundición ó de palastro.

682. ANTEPECHOS Ó BARANDILLAS DE BALCÓN.—Los huecos de ventana se defienden con reja en ciertas condiciones, ya sea enrasada, ya saliente; los de balcón siempre necesitan el amparo de una barandilla que puede también estar volada ó embebida en el grueso de la pared, denominándose balcones *volados* en el primer caso y *antepechados* en el segundo. Se construyen generalmente de madera ó hierro y muy rara vez de materiales pétreos, cuando lo requiere el aspecto monumental del edificio, en cuyo caso son unas *balaustradas* de que trataremos más adelante.

Las barandillas de hierro constan de dos barandales, la *solera ss* (*fig. 348*) y el *pasamanos aa*, poniéndose muchas veces una *contrasolera cc*. Los *balaustrillos ac* que unen ambos barandales tienen en los más sencillos un grueso de 18 á 25 $^{m}/_{m}$ y sus extremos ó espigas se remachan en el pasamanos y solera ó contrasolera que son barras planas de unos 30 por 5 á 9 $^{m}/_{m}$. La distancia ó hueco que debe quedar entre los balaustrillos no será nunca mayor de 13 $^{c}/_{m}$ para evitar desgracias, pues la cabeza de un niño cabe por un espacio mayor. Cuando los antepechos forman una barriga como la indicada de puntos en la figura, se denominan *de canasto*. La solera y el pasamanos se empotran por sus extremos en la pared para cuyo efecto se abren como cola de carpa según se indica de puntos en *s'*: otras veces, cuando la barandilla tiene pilarotes en sus esquinas ó en su medio, se pueden fijar en la repisa acodillando sus extremidades inferiores como se ve en *bh* (*fig. 378*), para empotrarlas en la repisa. El primer medio, además de dar seguridad al que se asoma, alivia del peso de la barandilla á la repisa.

Los balaustrillos que forman el antepecho se hacían antes en las obras de lujo más gruesos por el medio que por los extremos, adornándolos de mazorcas del mismo hierro hechas en la fragua y el yunque, lo que era sumamente caro en mano de obra Estas mazorcas se hacían también y continúan haciéndose de plomo que se echa derretido en moldes dispuestos en el mismo balaustre. Hoy se emplean casi exclusivamente las mazorcas de hierro colado y se aseguran con plomo que se funde y se vierte luego en la unión. En la parte inferior de los balaustres se pone una labor más tupida que en lo restante llamada *guardilla*, con objeto de que no se vean los pies de las personas que se asoman, evitando el poner la tabla, celosía baja ó rodapié que antes exigía la decencia.

Los antepechos no siempre se sujetan en su construcción á la forma abalaustrada, aunque ésta es la más común, sino que se adaptan á dibujos variados, denominándose *de labor* cuando se ejecutan con hierro dulce exclusivamente y sus labores son geométricas. Si entran combinados en su composición el hierro forjado y el fundido, siendo de éste los adornos, se denominan *de ornamentación*, y del mismo modo se nombran cuando son principalmente de hierro colado, teniendo sólo de forjado la armadura. Se emplean también palastros calados en forma de tableros, encajados ó fijados entre pilastrillas ó montantes de hierro.

683. En ciertas construcciones, los antepechos se hacen con balaustres torneados de madera ó formando cruces de San Andrés, que se pueden adornar adaptándose al estilo ojival (*fig. 382*) por medio de recortes hechos en las maderas acoplando sus diferentes molduras como indican los detalles (*P*), (*M*), (*S*) y (*A*) que representan respectivamente las secciones del pasamanos, montante, solera y aspas.

Los antepechos se hacen también de tablas caladas (*fig. 383*), según caprichosos dibujos que armonizan con el estilo del edificio, las cuales encajan en ranuras practicadas en las soleras, pasamanos y montantes que forman la armadura del antepecho. Al hacer el dibujo para los calados, es muy importante tener en cuenta la dirección de las fibras de la madera no profundizando los cortes transversales que pudieran contribuir á que se abra ó raje y por lo tanto á que se desprendan algunos perfiles.

684. CONSTRUCCIÓN DE LOS ARCOS Y DINTELES.—La ejecución de los arcos cuan-

do los vanos se han de cerrar con ellos, se sujeta á las prescripciones que más adelante se darán para la construcción de las bóvedas. Se empiezan como éstas sentando primero las dovelas de los arranques y continuando la colocación de las otras hasta la clave con la que se cierra el arco y se sostiene por sí sólo, pudiendo quitarse entonces los apoyos provisionales que durante esta construcción apean ó sostienen las dovelas. Sin embargo, cuando los arcos son muy peraltados, no se pueden quitar los apoyos mientras no haya una carga encima de la cumbre ó clave, pues pudiera suceder que las dovelas inferiores cayeran haciendo resbalar hacia arriba dicha clave.

685. Cuando los vanos se han de cerrar según un plano horizontal por la parte superior, y no se puede ó no conviene construir un arco adintelado, se consigue el objeto de varias maneras. La más sencilla es colocar una pieza de madera que llaman *umbral*, ó una losa de piedra en cuyo caso se llama *dintel*, el cual toma el nombre de *arquitrave* si en vez de jambas está sostenido por columnas. La longitud de estas piezas ha de ser lo menos 50 centímetros mayor que la luz del vano que han de cubrir y si no han de quedar al descubierto tienen que retirarse de los desnudos de los muros unos 3 centímetros, á fin de que pueda recubrírselas con el revoque. Para que la mezcla pueda adherirse á la madera, se hace preciso dar á ésta asperezas por medio de la azuela de carpintero, de un claveteado ó envolviéndola con tomiza. También se la cubre clavando en ella tabletas delgadas y espaciadas entre sí.

Las piedras colocadas como dinteles estando sometidas á un esfuerzo de flexión, resisten malamente y no debe confiarse mucho en su resistencia, absteniéndose de cargar pisos en ellas porque pueden fácilmente partirse por su medio á causa de pelos invisibles que tengan y aparezcan cuando no haya remedio. En todo caso, se colocan según sus lechos de cantera que es el sentido más favorable á su resistencia. Si hubiera más de un dintel á la misma altura para salvar huecos dispuestos á continuación unos de otros, se enlazan las piedras por sus cabezas por medio de grapas de hierro.

Si sobre los dinteles ó umbrales continuase el macizo de la pared, debe considerarse que esta misma forma una especie de arco escalonado triangular, siendo en rigor este triángulo el que carga sobre la viga ó dintel. Se acostumbra, sin embargo, á aliviarlos de su peso por el medio indicado en la *figura 384* ó por arcos llamados *de descarga* que se voltean encima *(fig. 385)*, apoyándolos fuera de la pieza de madera ó de la losa que forma el dintel para que sean independientes de éstas y tengan más estabilidad. El campo comprendido entre el dintel y el arco, se utiliza para adornar el vano *(fig. 386)*.

Pero muchas veces no hay altura disponible ni para el arco adintelado ni para la colocación de las piezas de madera aunque ésta sea dura, porque el peso de los suelos que han de sostener es demasiado para la escuadría que permite dicha altura. Se acude en estos casos á la colocación de carriles viejos, barras cuadradas ó de sección T colocadas de plano sobre su cabeza, cuyo hierro debe embrearse ó pintarse al óleo para preservarlo de la oxidación. Esto no es bastante, sin embargo, cuando la amplitud del vano pasa de los límites ordinarios y entonces se acude á las siguientes disposiciones.

686. PETRALES SOBRE PUERTAS Ó GRANDES VANOS.—Cuando se trata de salvar anchuras mayores de metro y medio, se disponen una ó dos viguetas enlazadas por dos ó tres pernos de la manera indicada en la *fig. 144*, ó con trozos de viguetas que se unen á las del petral por medio de escuadras como la *B* lo hace con la *aa* de las *figuras 150* y *151*. Se emplean también placas de fundición *F (fig. 387)*, apretándose contra ella las viguetas *V, V*, por medio de cinchos *acca* que se colocan en caliente para que al enfriarse aprieten las viguetas contra la placa. Ésta toma otras veces la forma de la *fig. 388*, manteniéndose unidas las viguetas por un perno *pn* que atraviesa la placa por su centro como se ve en la sección. Las placas se sustituyen también por cruces de hierro cuadrado *(fig. 389)*, apretándose las viguetas contra ellas sea por cinchos colocados en caliente, sea por trabas *caac*, que tienen sus extremidades *ac* en forma de gancho para engatillar las cabezas de las viguetas.

El petral puede formar también una viga tubular *(fig. 390)*, componiéndose de dos viguetas y dos planchas de palastro *aa, cc* roblonadas á las cabezas de aquéllas.

Los pernos, placas, cruces ú otros codales que mantienen separadas las viguetas de un petral, se disponen de metro en metro de distancia próximamente y el espacio que queda entre unas y otras se rellena de fábrica.

687. Muchas veces, la necesidad de establecer

anchas puertas para entradas ó escaparates de tiendas, obliga á cargar sobre los petrales parte de la pared superior y se emplean vigas de gran resistencia de que se hablará en su lugar.

Cuando la pared se arma con madera, puede el petral aliviarse ó descargarse del peso superior disponiendo dos piezas inclinadas *ab*, *ab* (*fig. 391*), estribadas en la viga ó petral por su parte inferior y ensambladas por la superior en otra vertical *bc* correspondiente al armazón de la pared ó en las dos (*fig. 392*) que forman las jambas de una ventana *V* y que se contrarrestan por medio de la *bb* que forman el antepecho de ésta. Se dispone también como aparece en la *fig. 393* empleando una *sopanda ss* apeada por dos *jabalcones as*, *as*. Pueden adoptarse igualmente sistemas de vigas como las que han de describirse para los pisos.

Generalmente sobre el petral hay dos vanos y un macizo intermedio y si la luz del hueco inferior pasa de 3 metros, los petrales se apoyan en columnas de fundición *C* (*fig. 394*), que dividen el vano en otros dos de 2^{m} á $2^{m}50$ lo más, procurando que el macizo *M* se encuentre sobre las columnas y que de ningún modo caiga en el hueco *A* ó *B* porque las cargas oblícuas obrarían sobre la arista del capitel de la columna en condiciones de resistencia muy desfavorables para su estabilidad. Las cargas que en estos casos sostienen los petrales son de consideración por los muchos pisos que tienen las casas que se hallan en estas circunstancias y se forman por lo tanto de dos y algunas veces de tres vigas de T enlazadas como indican las *figs. 387* y *389*, empleando los cinchos ó trabas de hierro plano de 60 $^{m}/_{m}$ de ancho por 11 á 12 de grueso colocados á un metro próximamente, cuya operación se hace en caliente, á fin de que al enfriarse aprieten con fuerza las vigas contra los codales formando una viga única. Éstos y las trabas ó cinchos se sustituyen por pernos de cuatro cabezas que se disponen á unos 60 centímetros de distancia unos de otros. El espacio comprendido por las vigas se maciza con fábrica y sobre ellas se colocan las viguetas de suelo, continuando de la misma manera el relleno entre éstas para sujetarlas de modo que vuele unos 3 á 4 centímetros fuera de las alas de las vigas con objeto de que éstas puedan ocultarse después con un revoco, que se sostiene por medio de listoncillos ó latas dispuestas entre las cabezas de aquéllas. Las vigas se hacen descansar en los muros por el intermedio de planchas de palastro grueso.

Mientras es posible, las vigas abarcan dos vanos ó más, y cuando hay que poner unas á continuación de otras en la misma pared, se las une por bandas *aa* (*fig. 394*) sujetas con pernetes. Conviene además establecer en el macizo del pilar donde se unen una llave *aa* (*fig. 395*) que sirve de enlace á las vigas por medio de los dobles tirantes angulares *bc*, *b'c'b'*.

ARTÍCULO VIII

De los apoyos aislados.

688. DENOMINACIÓN DE LOS APOYOS. —Los apoyos aislados se llaman *postes* ó *piés derechos* si son de madera (*fig. 396*) ó de hierro, y *pilares* si son de fábrica de mampostería, ladrillo, sillería ú hormigón. Cuando los pilares están sujetos á ciertas proporciones, toman el nombre de *pilastras* si son de planta cuadrada y de *columnas* si son redondos. Cuando sobre ellos se apoyan dos arcos contiguos y son de sección rectangular, se llaman *machones M* (*fig. 232* y *236*) y *pilas* en el caso de pertenecer á un puente.

Las pilastras y columnas reposan por lo general en un *estilobato* ó sea muro corrido de poca altura ó sobre basas aisladas ó *pedestales* compuestos de tres partes, á saber: de un zócalo ó *basa Z* (*figura 365*), de un *plinto, dado* ó *neto P*, que constituye el cuerpo principal y de una *cornisa C*. La columna consta también de su basa *B*, de la columna ó *fuste F* y de un *capitel I* que toma el nombre de imposta cuando recibe la recaida de dos bóvedas. En la figura, sobre los capiteles de las columnas pareadas, descansa la imposta *ao*, *bd*, para recibir los arcos *avb*.

689. APOYOS DE FÁBRICA.—El primer cuidado que exige la erección de un pilar es el de centrar su eje vertical para que ocupe exactamente el lugar que le corresponde. Sobre el enrase horizontal del cimiento se marca con cuidado el perímetro exterior fijando antes su centro como se indicó para el replanteo de cimientos (529) y se hacen coincidir con dicho perímetro los paramentos del pilar cuando éste se construye de mampostería ó ladrillo. El primer sillar, si el apoyo es una columna, exije además otras precauciones para que el sobrelecho resulte al nivel que le corresponde y perfectamente centrado. Al presentar el sillar se

hace coincidir su centro superior con cuerdas delgadas bien tirantes colocadas á la altura del mismo y en las direcciones de las proyecciones de los ejes de las columnas cuyos cordeles han de cruzarse sobre los referidos centros; se asegura después la horizontalidad del sobrelecho á la altura que debe tener y se concluye por dirigir las aristas de la piedra, cuando es de forma rectangular, paralelamente á los bramantes que fijan los ejes y á igual distancia de ellos cada dos aristas opuestas. Rectificadas luego todas estas operaciones, se introduce debajo del sillar una lechada espesa de mortero y se defiende ó ampara después de los golpes que pudiera recibir para que no se mueva de su posición.

690. La construcción del pilar cuando se hace de pequeños materiales se sujeta á los mismos principios fijados para la construcción de paredes, pero con más esmero para disminuir en lo posible el asiento. Generalmente, se hacen de sillería la basa y capitel ó imposta de los apoyos que no son de esa fábrica y aún se pone intermedia alguna hilada de lo mismo.

Los apoyos de sillería se hacen de una sola pieza cuando sus dimensiones lo permiten ó han de formar parte de la decoración arquitectónica. Si la importancia de la obra no exige esta magnificencia, se componen de hiladas de igual altura, que toman el nombre de tambores cuando tienen la forma cilíndrica. Á ser posible, cada hilada debe formarse con un solo sillar, que es bueno sujetarlo con el inferior por medio de tacos de piedra *(figura 397)* ó espigas de hierro, y cuando las dimensiones son tan grandes que no pueden abarcarse con uno solo, hay que tener muy en cuenta la trabazón de sus juntas, debiendo sujetarse además con grapones y áncoras de hierro cuando el caso lo exija.

La misma trabazón hay que hacer cuando se fabriquen los apoyos con ladrillo, debiendo moldearse á propósito cuando tengan que afectar la forma circular y se quiera una obra regularmente esmerada y trabada.

691. PIES DERECHOS.— Los pies derechos, que se forman de una sola pieza de madera, labrada ó no, según el esmero que se exija, no pueden descansar directamente sobre el suelo porque la humedad pudriría su extremidad inferior; por lo que se apoyan en una basa de piedra ó solera *B* *(fig. 396)* en cuyo centro se abre una caja para recibir la espiga ó botón (que debe ser redondo para que la madera no se *hile)* y que se deja en el extremo del pie derecho para mantenerlo en su posición. La espiga se hace también en la piedra ó es suelta entrando en cajas abiertas en el poste y en la basa. Por la parte superior nunca apoya el puente ó carrera *cc* inmediatamente sobre el pie derecho *P*, sino sobre una *zapata az*, que algunas veces se refuerza con jabalcones *ab (fig. 398)* formando lo que se llama una *horcadura* y la cual tiene por objeto, además de disminuir la luz entre los pies derechos, el de servir de asiento á los empalmes de vigas *V*, *V*, cuando éstas no pueden tener toda la longitud entre varios pies derechos. Algunas veces que la carga es considerable y pudiera aplastar la madera, se sustituye la zapata con una pieza de hierro fundido en forma de canal *cd (figura 399)* ó de capitel *(fig. 400)*, donde apoya la carrera, teniendo por su parte inferior una caja donde se aloja la cabeza del poste *P*, *P'*.

Cuando han de hallarse en el paso de las personas, se quitan á los pies derechos las aristas vivas por medio de cortes en chaflán como indica la *figura 396*, evitándose así que se destruyan por su debilidad ó que lastimen á alguno. Estos chaflanes contribuyen al mismo tiempo á dar buen aspecto al pie derecho y hasta pueden ser el medio de una decoración, en cuyo caso se les da caprichosos cortes hasta hacerlos en forma de columnas, sea sencillas, sea con molduras.

692. POSTES DE PIEZAS ACOPLADAS DE MADERA.—Los postes de madera que por aguantar pesos no comunes necesitan escuadrías extraordinarias, se forman de dos ó más piezas acopladas *(fig. 401)*, las cuales han de unirse entre sí sujetándose por medio de pernos *pn* colocados de trecho en trecho. Para que el poste no abulte demasiado y emplear menos madera, se colocan algunas veces entre los postes unas vigas laminadas de sección I, entre cuyas alas se alojan aquéllos, como representa en sección la *figura 402*.

Por su pie se hacen descansar los postes en placas de fundición *rr (fig. 401)*, las cuales tienen rebordes *r*,*r* en sus cantos superiores para alojar entre ellos la madera y unas espigas *e* en su cara inferior, con objeto de encajarlas en la basa de sillería *rssr* y que no tengan movimiento.

Si los postes de madera han de recibir los extremos de un tirante, ya para mantenerlos en su posición vertical y equidistantes unos de otros, ya para recibir el empuje de una armadura de cubierta,

conviene que las tuercas ó cabezas de las barras ó tirantes *T (fig. 403)*, se aprieten contra placas *pa* de palastro fuerte ó de fundición que abracen las dos ó tres piezas acopladas.

693. COLUMNAS DE FUNDICIÓN.—Aunque la fundición se deforma más á carga igual que el hierro forjado, especialmente cuando la altura pasa de 30 veces el diámetro y las columnas de hierro forjado resisten más que las de fundición, se adopta ésta con preferencia para columnas, porque resulta más barata y se presta á las formas arquitecturales más exigentes, pudiendo moldearse huecas ó macizas, de una pieza ó de varias y de distintas secciones, de las cuales se representan las más comunes en la *figura 404*.

694. Casi siempre las columnas se hacen huecas por presentar varias ventajas sobre las macizas. En primer lugar, cuando se verifica la colada del hierro, la superficie exterior se enfría más pronto que el centro, resultando que cuando dicha superficie está solidificada, el interior está todavía líquido y por consecuencia la tensión molecular no es la misma en toda la masa; mas si la columna se hace hueca y de un espesor uniforme, las tensiones moleculares son las mismas y su resistencia es igual en todos los puntos. Además, por consecuencia de la menor proporción en que se encuentra el grueso de una columna hueca con su altura, comparada con una maciza, presenta aquélla en las condiciones ordinarias cuatro veces más resistencia que ésta á igualdad de material, habiendo deducido Hodgkinson de sus experimentos, que la resistencia de una columna hueca es igual á la diferencia de las resistencias de dos columnas macizas que tengan la una el diámetro exterior y la otra el interior. Por otro lado, á igualdad de resistencia, las columnas huecas resultan más económicas de material y por lo tanto de coste.

Las columnas macizas se emplean convenientemente en algunos casos, y las hay fabricadas para el uso ordinario con sujeción á los modelos de las *figuras 405, 406* y *407*. El primero tiene basa y capitel muy sencillos, el segundo lleva ménsulas en su cabeza y ambos se hacen de las medidas indicadas en las figuras con una altura de 2 á 4 metros, variando de 5 en 5 centímetros. El tercer modelo, que sirve para abarcar dos pisos de un edificio, se construye de los diámetros que se marcan en la figura y con alturas variables, según las de los pisos que más ordinariamente se construyen.

695. Del mismo modo que en las columnas de sillería y confirmando lo que la práctica enseña conviene dar á las de fundición un diámetro mayor en el centro que en los extremos, pues se aumenta su resistencia en una séptima parte. Se hacen cilíndricas en el primer tercio de su altura, y presentan hasta el capitel una ligera curvatura, de 0^m0025 ó sea una diferencia de 0^m01 entre el diámetro del fuste en el primer tercio y del astrágalo. Para talleres y almacenes se hacen de forma troncónica, es decir, con un diámetro arriba de uno ó dos centímetros menos que en la base.

En la fundición de una columna hueca, como el molde está colocado horizontalmente, puede suceder que por consecuencia de un descuido en la colocación del alma, tenga ésta una mala posición ó abajamiento y resulte la columna con más espesor en un lado que en otro, por lo que es bueno en ciertos casos forzar un poco los espesores encontrados por el cálculo, á fin de remediar este inconveniente. Por lo común, se dan 12 $^m/_m$ de espesor á las columnas de 2 á 3^m de altura, 15 á las de 3 á 4^m, 20 á las de 4 á 6^m y 25 á las de 6 á 8^m, haciéndolas de 30 á 35 $^m/_m$ cuando pasan de esta altura. Relacionando el espesor de la columna con su diámetro se toma para aquél $^1/_8$ á $^1/_{10}$ de éste.

En la mayoría de los casos, las columnas tienen de una pieza la basa, el fuste y el capitel, y sólo cuando son de mucha altura ó de gran diámetro se las compone de varios trozos que se reunen ó á simple enchufe *(fig. 40)*, á junta plana con bridas *(fig. 126)*, ó con brida y enchufe *(figs. 127 y 128)*, asegurándose casi siempre por medio de pernetes, como se ve en estas figuras. Las bridas, en vez de ser circulares, se convierten algunas veces en platillos cuadrados circunscritos al círculo exterior de las columnas, aprovechándose los ángulos para la colocación de los pernetes. En todo caso es esencial que las superficies de contacto ajusten perfectamente unas contra otras para que la presión se ejerza en la mayor extensión posible, sobre todo cuando la unión se asegura con tornillos cuya fuerza pudiera hacer estallar la fundición con la desigualdad de presiones ó con una tensión extremada. Para ello es preciso aplanar las superficies de junta con las máquinas de acepillar ó con las limas, pues que la colada del hierro no da buenos planos de contacto.

696. La pequeña sección de los apoyos de fundición exige que su cabeza ó capitel tenga un vuelo

relativamente considerable, que se obtiene por medio de ménsulas *M* (*figs. 406* y *407*) y las cuales sostienen generalmente una placa ó gruesa plancha en la línea *a a* para que sobre ella descansen las vigas que han de ser sostenidas por las columnas.

Del mismo modo, el pie de éstas ó su basa es de gran extensión para que las presiones que han de transmitir puedan repartirse en mayor superficie y haya al mismo tiempo la posible estabilidad.

En este punto debe observarse que estando bien aplanados los extremos de un apoyo se obtiene triple resistencia que cuando están redondeados, reduciéndose al doble cuando sólo una extremidad está convenientemente aplanada.

En el caso de que hayan de apoyarse arcos de fábrica en las columnas y éstas hubieren de continuar superiormente, se hace asalmerada su cabeza (*fig. 408*) con cuatro planos ó dos *as*, según sean los arcos que hayan de resistir. Esta forma se puede disponer también en la basa de las columnas superiores ó hacerse independiente de unas y otras, en cuyo caso debe presentar un plano abajo y otro arriba, ambos rectangulares ó cuadrados, para que descanse ó tenga buen asiento sobre la columna inferior y pueda recibir del mismo modo la superior, asegurándose en las dos por medio de pernetes ó tornillos situados en los ángulos que dejan libres los arranques.

697. El hueco de las columnas puede rellenarse de hormigón hidráulico ó de cemento que no ataca al hierro, consiguiendo de este modo, si no aumentar su resistencia, conservarles su rigidez y estabilidad. Especialmente cuando tienen gran diámetro, puede contarse con este relleno para que cuando el transcurso del tiempo haya oxidado el hierro y hecho perder á éste su resistencia, quede en sustitución suya dicho relleno, ó sea una columna de piebra artificial que estará tanto más endurecida cuanto mayor sea el tiempo transcurrido desde su construcción.

698. ASIENTO DE LAS COLUMNAS DE FUNDICIÓN.—Las columnas macizas (*figs. 405, 406* y *407*) llevan ó no un botón *B* pegado en sus extremos cuando se verifica la colada del hierro, el cual sirve únicamente para colocarlas bien sobre un dado ó basa de sillería, que es por lo general su asiento. El botón superior sirve para ajustar la placa superior *aa* cuando ha de sostener vigas de mucha base, las cuales se retienen en su sitio por medio de los rebordes que se indican de puntos en las figuras.

Las columnas huecas tienen su asiento de diferentes maneras, según que hayan de descansar en sillares ó sobre fábrica de pequeños materiales.

Cuando descansan sobre sillería, el botón *B* entra en un hueco igual practicado en la piedra y llamado *botonera* ó llevan una parte saliente en la prolongación de su eje, como se ve en *B* (*fig. 409*), la cual se aloja en una cavidad igual practicada en el sillar de asiento. Otras veces tiene la columna en su borde inferior un ensanche circular ó brida *bd* (*fig. 410*), por medio de la cual asienta mejor sobre la piedra ó sobre una placa de hierro colado *cc* en la que se atornilla. En este caso, los pernetes de sujeción se colocan con la cabeza abajo y se sienta la placa bien á nivel en la situación exacta que ha de ocupar la columna, colocando ésta después de modo que los pernetes entren en los agujeros que aquélla lleva en su reborde, lo cual hace la operación sumamente difícil. Según otro procedimiento, la placa tiene rebordes inferiores que entran en cajas abiertas en el sillar y hasta presenta un resalto *R* en la parte superior (*fig. 411*), el cual penetra en el hueco de la columna. Cuando éstas son pareadas, una misma placa sirve de asiento para ambas.

En ciertos casos, se han hecho basas aisladas de planta cuadrada (*fig. 412*), cuyo borde superior *cd* tiene también esta forma, aunque cruzando sus diagonales con la inferior para que las esquinas caigan entre los nervios verticales de refuerzo *N*, *N'*, y éstos no impidan la colocación de los pernetes de sujeción que se ven indicados en la figura. La columna enchufa además en la basa, como se ve en sección en *d* y ésta se asegura inferiormente por medio de un resalto *rr* que entra en la caja abierta al efecto en el sillar de asiento ó dado.

699. Habiendo de descansar las columnas de fundición sobre fábrica de pequeños materiales, se comprende que es de necesidad una ancha placa, con objeto de que reparta la presión en mayor superficie, cuya placa se asegurará en la fábrica por medio de pernos de la suficiente longitud para que queden empotrados en ella ó por nervios inferiores en cola de milano, como los indicados en la *figura 411*, los cuales se empotran en el cemento. Ocurre á veces, especialmente en sótanos, que las columnas descansan en pilares de fábrica de pequeños materiales, donde también apoya la viguería del te-

cho *(fig. 413)*, y en este caso, la placa *aa* se sienta sobre una tortada de cemento de unos 3 centímetros de espesor, á fin de que haya una superficie bien unida encima del pilar en la que se asegure aquélla por medio de los nervios inferiores que se ven en la figura, los cuales no necesitan tener la forma de cola de milano indicada. Sucede entonces que la parte inferior ó basa de la columna queda empotrada ó enterrada en el relleno que se hace entre las vigas *V*, *V* y las del piso, y se coloca sobre al solado *ss* una falsa basa *b*, *b*, formada de dos trozos que se atornillan al fuste de la columna. La placa de asiento se dispone también con resaltos y nervios inferiores y con un reborde circular superior donde enchufa ó encaja otro que al efecto tiene la columna en su base de asiento.

Las placas de asiento ó las basas de columna que han de descansar sobre fábrica, deben estar provistas de agujeros por donde pueda verterse cemento en lechada para rellenar los huecos que puede haber entre la fábrica y el hierro.

700. Las columnas que descansan sobre madera deben tener también una base suficientemente extensa para que no se embutan ó incrusten en aquélla produciendo un asiento notable.

En este caso, como en los anteriores, se asegura la placa de asiento por medio de pernos que atraviesan la madera, ó por tornillos de bastante longitud y resistencia. La basa de la columna es generalmente cuadrada y se asegura con cuatro pernos, haciéndola rectangular en casos especiales, dependiendo una ú otra disposición de la carga que ha de aguantar la columna y de la naturaleza de la madera que la ha de recibir.

701. COLOCACIÓN DE LAS COLUMNAS DE HIERRO. — Una vez fija y bien asegurada para que no pueda moverse la base que ha de recibir la columna, la delicada operación de colocar ésta, exige precauciones que no por ser sencillas dejan de tener importancia. Se suspende por medio de una cábria ó por otro medio, de manera que quede al aire en posición vertical sobre el centro del apoyo que la ha de recibir y se la hace descender lentamente sin perder su verticalidad para presentarla sobre su asiento y se examina si coincide el platillo superior en altura y dirección con dos bramantes delgados bien tirantes colocados de un modo análogo al seguido para fijar el primer sillar de una columna (689). La disposición de los cordeles indica el giro que debe darse á ésta para que tenga su debida posición y una vez obtenida, se consigue su verticalidad por medio de cuñas de plomo que se colocan á golpe suave de martillo en los extremos de dos diámetros normales al círculo de la base de la columna siguiendo las indicaciones de dos oficiales que, situados en prolongación de dos planos á escuadra con la columna, dirigen la vista por el hilo de una plomada haciendo coincidir con la visual el eje de la columna ó una de sus generatrices cuando es cilíndrica. Si el platillo superior resulta bajo, se levanta suavemente la columna (para lo que no ha debido desprenderse de la cadena de suspensión) y se adicionan á las cuñas unos suplementos de plomo de igual grueso, volviendo á descender la columna para que asiente sobre ellos. En caso de que esté alta la columna, no habrá más remedio que rebajar el sobrelecho del sillar de asiento ó colocar más baja la placa si descansa la columna sobre esta base. Se asegura luego la inmovilidad de la columna sujetándola por la parte superior de su fuste entre dos tablones dispuestos horizontalmente y en los que se pueden practicar dos muescas circulares donde quede encepada.

Cuando la columna descansa sobre piedra, como la labra de ésta no es tan fina como una superficie pulimentada, ni la fundición, por buena que sea, deja de tener pequeños huecos ó ligeras rebabas, no todos los puntos de apoyo de la piedra y columna quedan en contacto ni esto puede conseguirse sin un medio auxiliar aunque estén perfectamente á nivel las superficies de contacto y el eje de la columna sea perpendicular á ellas. De aquí resulta que la piedra no trabaja por igual pues no están las presiones repartidas uniformemente y solo una pequeña parte sufre la presión pudiendo pasar el límite de resistencia á la fractura y quebrarse, comprometiendo así la estabilidad de la construcción superior.

Se adopta el plomo para rellenar los huecos de que se trata, ya en planchas dispuestas encima del sillar sobre las que descansa la columna, ya vertiendo el plomo derretido después de colocada aquélla. El primer caso puede aplicarse cuando es poco el peso que ha de cargar sobre la columna, pero no si es de consideración, pues que como al colocarla no carga sobre ella más que su propio peso y éste no es bastante para que el plomo se acomode á todos los huecos resulta que los puntos de apoyo son reducidos y la superficie de contacto es pequeña.

Por el otro sistema se vierte fácilmente el plomo derretido por entre las cuñas dichas y se extiende bien por todos los huecos hasta rebasar al exterior llenándolos por completo sin solución de continuidad. Para evitar que al contacto de la piedra fría y húmeda (si la operación se hace en el invierno) pueda quebrarse la piedra ó saltar el plomo con peligro de los operarios y también para que el relleno sea completo, se calienta la piedra antes de colocar la columna y se espolvorean con resina todas las partes que ha de llenar el plomo.

En vez de tomar las precauciones prevenidas anteriormente muchos constructores adoptan la viciosa práctica de sentar de cualquier modo los sillares donde generalmente descansan las columnas y colocar éstas directamente sobre ellos, sucediendo que como la basa de las columnas sale muy desigual de la fundición, en lugar de quitarles las rebabas y alisarlas, se introducen á martillazos cuñas de hierro para poner á plomo la columna, resultando de aquí que ésta descansa solamente sobre el tercio ó la mitad de la superficie de la junta por el intermedio de las cuñas y al cabo de algún tiempo se producen asientos perjudiciales á la solidez de la obra.

702. ENSAMBLE Ó ASIENTO DE UNAS COLUMNAS SOBRE OTRAS.—Las columnas ó apoyos de hierro deben descansar unos sobre otros sin el intermedio de carreras, si es posible, y tomar las precauciones indicadas al tratar del enchufe de unos trozos en otros (695) para que la columna superior ajuste bien con la inferior. Algunas veces se quiere conseguir esto interponiendo planchas de plomo, pero esto no produce más resultado que llenar el hueco entre las columnas, pues el plomo cede á la menor presión y entre hierro y hierro queda en último caso un vacío.

Es muy común que los apoyos abracen en su altura dos pisos para establecer tiendas y almacenes y en este caso, las columnas deben tener, como se ha visto en la *fig. 407*, unas ménsulas *S* ó unos rebordes á la altura del piso intermedio para el apoyo de las vigas ó carreras de éste, las cuales se unen á las columnas de la manera que se dirá más adelante al tratar del apoyo de las vigas ó jácenas de los suelos en las columnas.

703. GRUPOS DE COLUMNAS DE HIERRO COLADO.—Frecuentemente se agrupan dos, tres y cuatro columnas ó postes y entonces conviene establecer entre todas la mayor solidaridad para que no actúen aisladamente, empleando al efecto collares de hierro forjado que las abracen á trechos y placas de fundición en la basa para que no puedan separarse por sus pies y encima de sus cabezas para que en ellas entren las espigas de todos los capiteles.

704. POSTES DE HIERRO LAMINADO. —Las ventajosas cualidades que sobre la fundición tiene el hierro laminado aconsejan en muchos casos la adopción de este material para columnas ó postes, especialmente cuando la altura es más de veinte veces su diámetro ó dimensión transversal.

Se emplean generalmente los hierros de sección I ó de [, ya aislados, ya combinados entre sí ó con los planos y los angulares ú otros formando secciones varias como representan los ejemplos de la *figura 414*. Se hacen *cruciformes* con dos hierros de T sencilla, unidos por sus cabezas, según se indica en *A*, con cuatro angulares como en *B* ó con tres hierros planos y cuatro angulares, según se detalla en *C*. El hierro I se puede reforzar en sus cabezas con otros dos planos como en *D* ó con dos de [como en *E*, ó formarse esta sección con dos [, según se ve en *F*. Se hacen *tubulares* con dos hierros Zorés uniéndolos por sus bases como se ve en *G* y con los de [como en *H* ó combinando éstos, los planos y los angulares, según se ve en *I* y *J*. En fin, se hacen columnas de sección *poligonal* con seis ú ocho piezas como se representa en *K*, ó *circulares* según se ve en *L*, adoptándose cuatro sectores en las columnas de poco diámetro y seis en las mayores.

705. En todos casos se cosen, por decirlo así, sus diferentes partes con roblones (378), como está indicado en las figuras. Los ingleses y norteamericanos evitan el roblonado de los sectores ó partes de que se forman las columnas poligonales ó circulares *K* y *L*, disponiendo los rebordes de unión de modo que formen una cola de milano, como indica en sección horizontal la *fig. 415*: ajustadas las piezas se sujetan los rebordes con las bandas ó cubrejuntas longitudinales indicadas en la figura, las cuales salen del laminador con la ranura en cola de milano para abrazar ó ligar los rebordes, cuya acción se completa comprimiendo fuertemente la unión entre dos rulos después de ajustadas las bandas. De experimentos que se han practicado resulta que esta construcción ofrece más resistencia que la roblonadura, lo cual se comprende, pues que no tiene solución de continuidad como ésta.

706. Estudiando las secciones representadas en la *fig. 414*, podremos observar que la de doble T, cuando la relación de la altura con la menor dimensión de su sección transversal es mayor de 12, presenta el inconveniente de que puede doblarse por estar expuesta á esfuerzos de flexión á los que ha de resistir en dos sentidos, uno en el del plano de su alma para el que tiene resistencia y otro perpendicularmente á éste, el cual no se ha tenido presente al fabricarlo por estar destinados principalmente estos hierros para resistir esfuerzos de flexión. Se contrarresta este inconveniente con las secciones *H, I, D* y *E*, cuyas dos últimas tienen el defecto de debilitar, con los taladros para la colocación de los roblones, las alas de las dobles T ó los lados mayores de los hierros ⊏ en los puntos que más resistencia necesitan. Las secciones *I, J*, resisten mejor á los esfuerzos de flexión, compresión y torsión, pero la *J* tiene ocho costuras verticales que la sección *I* reduce á cuatro y además presenta dificultades para el roblonado porque hay en el interior cabezas de roblones, y es difícil é incómodo apoyarlas en un martillo ó mazo para formar las exteriores.

707. Cuando por razón de las cargas que debe soportar un apoyo vertical necesite tener más de 20 $^c/_m$ de lado se consigue una economía grande de metal disponiéndolo en forma de celosía ó enrejado, ya en dos de sus lados *(fig. 416)*, donde las cruces unen hierros *C, C,' C''*, cuya sección es de ⊏ ya en los cuatro lados como en la *fig. 417*, en la que las celosías enlazan hierros angulares ó cantoneras *A, A'*.

708. SUJECIÓN DE LOS EXTREMOS DE LOS POSTES.—Como un apoyo resiste más cuando sus extremos tienen invariable su posición y dirección, se procuran estas condiciones de varios modos en los postes de hierro ó acero laminado.

Empleando hierros de sección I se les hace descansar en dados de piedra *(fig. 418)*, por el intermedio de una placa de hierro en la que se aseguran aquéllos con cuatro escuadras, según se ve en la figura: dos de ellas *es, e's'* sujetando el alma ó nervio del poste y las otras dos *C, C'* sus cabezas. También se emplean cartelas de fundición que se fijan á los postes por medio de pernetes. Por la parte superior de los postes se establece como en la inferior una placa, si han de sostener la armadura de una cubierta ó una viga de poca base.

En los postes formados de varias piezas *(figuras H, I, J* de la *414)*, que presentan buena base, es bastante por lo general fijarles con roblones unas escuadras *es, e's' (fig. 419)*, las cuales pueden roblonarse á su vez en una placa horizontal. En los postes de celosía ó enrejado *(fig. 416)*, se sustituye éste en la parte inferior por unas planchas *A*, que pueden doblarse en el sentido diagonal en las esquinas del poste para presentarse según las líneas *baab, b'a'a'b'*.

Cuando el poste se halla expuesto á fuerzas que tienden á moverlo de su sitio, hay precisión de fijar las escuadras de que acabamos de hablar en la basa de asiento *(fig. 418)*, por medio de pernos *P* empotrados en ella ó en una placa horizontal *ab, a'b' (fig. 420)*, y ésta asegurarla en la fábrica inferior donde asienta por medio de pernos *pn*, cuyas cabezas, si han de entrar en sillares, se alojan en cajas practicadas en su lecho.

709. En la parte superior, á los postes se unen por medio de escuadras unas planchas horizontales que puedan presentar una base al asiento de las vigas ó carreras, las cuales se aseguran además con pernetes ó pasadores. Si unos postes han de colocarse sobre otros *(fig. 421)*, las placas ó planchas *aa* de la cabeza del inferior se sujetan á las *bb*, del pie del superior por medio de pernos *pn, p'n'*, encerrando, como se ve en la figura, las vigas ó carreras intermedias *V*.

ARTÍCULO IX

Entramados verticales de madera.

710. DISTINTAS CLASES DE ENTRAMADOS Y SU APLICACIÓN.—El *entramado vertical* ó *tabicón*, que es un armazón de madera para formar una pared (592) se denomina de *erección* ó *maestro* si ha de recibir algún piso, y *tabique sencillo*, que puede ser *colgado*, cuando tiene por objeto dividir un área para distribuirla en piezas, locales ó aposentos.

Sustituyen á las paredes de fábrica donde la madera se halla en abundancia ó es barata ó donde se necesita aprovechar el terreno economizando gruesos de paredes; y pueden aplicarse en las de patios, en la división de crujías, en construcciones provisionales y en tabiques.

711. COMPOSICIÓN DE LOS ENTRAMADOS.—Donde la madera es muy abundante se

forman los entramados con troncos ó maderos juntos unos á otros; en los demás puntos están más ó menos separadas las maderas escuadradas de que se componen y se rellenan los espacios que quedan entre ellas con materiales de menos valor. Donde se construyen, se componen los entramados de un sistema de postes ó pies derechos *P, P (fig. 422)*, que se llaman *de relleno* y apoyan sobre *soleras ss* sentadas encima de un zócalo de fábrica denominado *citarón*, cuyos postes apean ó sostienen las *carreras cc* en las que y en las soleras entran á caja y espiga *(fig. 175)*, ó por el medio indicado en la *fig. 423*, como se ha dicho para las columnas de hierro (698). Pueden apoyarse los pies derechos en basas de piedra *B (fig. 396)*, y por la parte superior recibir unas zapatas *Z* sobre las que descansen las carreras. También se acostumbra ensamblar los pies derechos con las carreras por medio del ensamble de *tenaza (fig. 424)*. Los postes ó pies derechos *C* de los ángulos *(fig. 422)*, toman el nombre de *cornijales*, y el de *almas* los que enlazan un entramado con otro normal ú oblícuo á él.

Los huecos de puertas y ventanas se forman con otros pies derechos *L, L*, denominados *de cerco* ó *de lección de puerta* que sirven á ésta de largueros y con piezas horizontales ó puentes *H, H*, que los limitan por arriba y por abajo, denominándose á aquéllos *cabeceros* y á éstos *peanas*. El espacio entre estas piezas y las carreras ó soleras se llenan con postecillos ó *virotillos E* ó con *contrapuentes D*. Si el vano es circular, se obtiene esta forma dando á las piezas que constituyen su contorno la forma adecuada mantenida por postecillos ensamblados unos y otros á las demás piezas. Los puentes *H, H*, necesitan descansar, para sostenerse, en un corte de barbilla hecho en los pies derechos como indica la figura, pero sin espiga, siendo así fácil colocarlos introduciéndolos de frente y horizontalmente.

La solera, que debe sentarse de tabla, se clava á unas pequeñas piezas de madera ó nudillos *N, N*, empotradas en el espesor del citarón, descansando así el entramado por igual en todo el muro. La solera y la carrera por su mucha longitud tienen que hacerse de varias piezas empalmándose sus extremos ó bien á media madera simplemente *(figuras 181 á 183)* sujetándolas ó no con clavijas, ó bien con doble lazo ó doble cola de milano *(fig. 184)*. El empalme de las carreras se debe hacer sobre los pies derechos empleándose casi siempre zapatas para su mayor estabilidad á las que algunas veces se sujetan con abrazaderas de hierro. En ciertos casos se emplean las piezas de fundición indicadas en las *figuras 399 y 400*, sobre las cuales se establece el empalme.

La formación del entramado puede continuarse para los pisos superiores colocando los pies derechos *P' (fig. 422)* á plomo con los de abajo y ensamblándolos á caja y espiga en las carreras *cc* que aquí hacen el oficio de soleras y donde descansan los maderos de suelo *M*, los cuales se sujetan sólidamente con otras soleras *dd* tendidas encima de ellos. Se acostumbra también apoyar los pies derechos en estas últimas ensamblándolas en ellas á caja y espiga, pero este sistema deja poco fijas las ensambladuras por la movilidad que puede tener la solera *dd* y por el espacio hueco que queda entre ella y la carrera *cc*, no siendo aplicable además en entramados que lleven puertas, porque siendo mayor, por lo general, el grueso de las soleras que el del solado que va encima de los maderos de suelo, resultaría un resalto en el pavimento que sería un obstáculo para el paso á no ser que se rebajara la altura de su escuadría lo que debilitaría esta pieza.

712. Se da más solidez á los entramados empleando *tornapuntas T, T (fig. 425)* que arriostran y dividen los espacios rectangulares en triángulos cuya forma es invariable disponiéndolas con inclinación inversa unas de otras á fin de obviar los inconvenientes que resultan del aflojamiento de los ensambles al desecarse la madera. Pueden todavía subdividirse los espacios con otras piezas verticales ó virotillos *V, V*, ó con tornapuntas en forma de aspas *A, A (fig. 426)*, formando lo que se llama *cruz de San Andrés* y cuyo ensamble entre una y otra puede ser á media madera simplemente como el *C, C' (fig. 169)*; debiendo hacerse con barbilla *(fig. 170)* cuando el ángulo de cruzamiento sea bastante agudo, con el objeto de evitar que se raje ó hienda la madera por los ángulos agudos de la ensambladura. Hay que advertir que el ensamble á media madera en el cruce de las aspas, hace que la resistencia sea en este punto como si fuera una sola pieza, lo cual debe tenerse presente cuando las aspas hayan de ser un poderoso medio de rigidez para unirlas al tope sin debilitarlas con los cortes á media madera. Se las mantiene sujetas por medio de un perno ó con un pasador de hierro remachado por sus dos cabezas á modo de roblón, las cuales se embuten en la madera, ó por una

gruesa cabilla de madera seca y dura, apretada con cuñas. Los extremos de las aspas, así como los de las tornapuntas, se deben ensamblar con simples cortes de barbilla *(fig. 174)*, á caja y espiga *(figura 176)* ó con barbillas y á caja y espiga *(figuras 177 y 179)*. Los virotillos *V*, que sujetan las tornapuntas, pueden ensamblarse á junta plana sujetándolos con un clavo cuando no tienen más objeto que llenar el espacio, ó con barbilla cuando no es así, la cual debe tener el corte de espera escalonado que se indica en la *fig. 425*, si el ángulo de unión es muy agudo, porque de lo contrario se debilitaría mucho la tornapunta. Este ensamble puede ser con espiga ó sin ella.

713. Las explicaciones anteriores y la inspección de las figuras, hacen comprender el objeto de cada una de las piezas que componen un entramado vertical. Los pies derechos sostienen las carreras y los pisos del edificio y tienen generalmente 16 por 16 centímetros de escuadría dando 25 por lo menos á los que forman ángulos. Las soleras reciben los pies derechos conservando su separación y reparten la carga de los mismos en todo el citarón. Las carreras que reciben la carga de los pisos y las ensambladuras de los superiores acostumbran ser de 22 centímetros de altura por el mismo grueso que los pies derechos con los que enrasan. El objeto de las tornapuntas ó riostras es evitar, como se ha dicho, el juego que suelen tomar las ensambladuras cuando la madera se seca y referir los pesos á los puntos más resistentes: las aspas ó cruces de San Andrés que llenan el mismo objeto, presentan mayor resistencia pero ofrecen menos recursos en la repartición de las cargas sobre los puntos resistentes. Los virotillos alivian á las riostras al mismo tiempo que á las soleras y los puentes, dividiendo la altura de los pies derechos, cuando son muy altos, impiden que se doblen y aumentan por lo tanto su resistencia.

714. MODOS DE REFORZAR Ó ALIVIAR DE PESO Á LAS CARRERAS.—Ocurre muchas veces que los postes ó pies derechos necesitan estar muy separados y hay que dar á las carreras más resistencia, sea con una escuadría adecuada ó empleando medios que la alivien de la carga superior transmitiéndola á otras piezas. Para ello se han discurrido varios sistemas ó combinaciones que vamos á exponer para que puedan aplicarse según sean las circunstancias especiales que en cada caso concurran.

Se aumenta en un sexto la resistencia de una viga ó carrera haciendo un corte de sierra en su medio por la parte superior que penetre hasta el tercio de la altura *(fig. 427)* é introduciendo una cuña de madera dura en el corte para obligar á la viga á tomar una ligera curvatura.

Apoyando las carreras en zapatas, se acorta la distancia de sus puntos de apoyo y por lo tanto se aumenta su resistencia al propio tiempo que se le da más estabilidad y mucho más si se enlazan ambas piezas con abrazaderas. Del mismo modo, se da mayor resistencia á las carreras apeando los extremos de las zapatas en jabalcones, como en la *figura 380*, ó sosteniendo las carreras por su medio con jabalcones *J, J (fig. 428)*. Se refuerza también la carrera haciéndola descansar en una sopanda *ss (fig. 429)* sostenida al tope ó sea á junta plana por jabalcones *bs*, que como los anteriores se apoyan á su vez en los pies derechos por medio de un ensamble de barbilla sencilla ó con espiga *(figs. 174* y *176 á 179)*. El ensamble, tanto en el pie derecho como en la carrera, se asegura algunas veces con pernos *pn (fig. 430)* y con las llaves ó cuñas *C (fig. 431)* colocadas entre la sopanda y la carrera alojadas por mitad entre una y otra. La unión de los jabalcones con las sopandas se asegura también con bandas *B* clavadas por sus extremos en dichas piezas ó introduciendo entre ellas unas llaves ó cuñas como las *D*.

En vez de dar más resistencia á las carreras pueden aliviarse del peso superior por alguno de los medios indicados en las *figs. 391 á 393* ya descritos al tratar de salvar los huecos de puertas y grandes vanos (687).

715. ENCUENTRO Y ENLACE DE LOS ENTRAMADOS.—Cuando dos entramados se encuentran, sea á escuadra, sea formando un ángulo cualquiera, se consolida la unión en el enrase de pisos ó plataformas por medio de hierros planos de 40×7 m/m que tengan el ángulo dicho y cuyos brazos de unos 40 c/m de longitud terminan con un talón en sus extremidades para engrapar las carreras ó soleras que han de enlazar, sujetándose además por clavos fuertes ó pernos.

En las uniones de los entramados con otra pared de fábrica á la que encuentran según un ángulo, debe procurarse haya firmeza suficiente para que la entrega ó entrada de las carreras en la pared no cause á ésta detrimentos. Para esto, debe dicha pared reforzarse con un machón que forme con su

salida la unión del entramado y la pared y sirva de asiento seguro á la carrera proporcionándole buena entrega. Es conveniente además, asegurar el extremo de la carrera al muro en que se apoya, por medio de una traba de hierro $t't'$, con un codillo en la pata ó extremo t *(fig. 432)* que engrape en la carrera y un ojo en el otro donde entre una llave aa para abarcar una parte de la fábrica. Las trabas pueden ser dobles *(fig. 433)* y sujetarse á las vigas por medio de pernos p, $p'p'$, empotrándose en el muro la llave c, $c'c'$, que pasa por los ojos de ambos hierros. Se hacen también de madera estas llaves como indica en perspectiva la *fig. 434*, en la que aparecen salientes las cabezas B, B, de dos maderos de suelo entre los cuales se coloca la llave aa, sujetada por la clavija C.

Si son dos los entramados que se encuentran en un mismo punto de la pared se enlazan sus carreras C, C' *(fig. 435)*, por medio de dos grapas que además de entrar con sus codillos en las cabezas de ambas carreras, se fijan en éstas con pernos.

Al hacer un entramado, ha de tenerse presente que por su poco espesor no pueden construirse aislados y por lo tanto que hay que levantarlos todos á la vez para que su enlace forme un conjnnto estable que permita la buena unión y ajuste de los diversos ensambles.

716. RELLENO DE LOS ENTRAMADOS. —El espacio que queda entre las diferentes piezas de madera que constituyen los entramados se rellena con fábrica de ladrillo macizo ó hueco ó de adobes, ó con mampostería hecha de cascote procedente de obras antiguas ó de productos calizos ó yesosos de los derribos, siendo siempre de yeso la mezcla, porque no ataca la madera (160). Para que este forjado trabe con la madera se entomiza ésta ó se le proporcionan las asperezas de que se ha hablado (685). Se hacen también en las caras de contacto con la fábrica, cajas ó ranuras *(fig. 436)* donde entra esta última, las cuales pueden formarse también con listones s clavados en los cantos de los postes para no debilitarlos con las escopleaduras. La adherencia de la mezcla con la madera se puede proporcionar con un claveteado de trozos de clavos ó clavos de deshecho; pero este medio tiene el inconveniente de que los clavos se oxidan y destruyen al cabo de algún tiempo desapareciendo entonces la causa de la ligazón.

La fábrica de ladrillo que sirve de relleno á un entramado se ejecuta como se ha dicho en su lugar para las paredes de media asta (627), pues generalmente el espesor es el de la anchura del ladrillo; si es mayor y no llega á tener el largo de este material se colocan de asta las hiladas necesarias para levantar lo que es el ancho del ladrillo, chapeando éstos por un frente ó haz para completar el espesor debido y se continúa de la misma manera, pero alternando el chapeado en el otro haz para que haya trabazón en la fábrica.

Los entramados se rellenan también clavando primero por una de las caras ó frentes de los postes, listones ó latas de madera de un centímetro de grueso por 3 á 5 de anchura y separadas de 6 á 11, formando un enrejado. El espesor del entramado se rellena luego de cascote trabado con yeso, teniendo cuidado que éste rebose fuera del enlatado y enseguida se clavan latas por el otro paramento arrojándose yeso claro por entre este enrejado para trabarlo con el relleno. Cuando está seca esta fábrica, se aplica en ambos paramentos una capa de mezcla la cual se iguala con la paleta para que presente un plano unido aunque áspero, á fin de extender después los revoques.

Tratándose de construcciones groseras puede hacerse el relleno de los espacios de un entramado con listones entomizados ó palos envueltos en esparto ó paja que puedan entrar en ranuras hechas en las maderas del entramado, donde por su aspereza se adhiere bien el mortero que los ha de recubrir.

Los entramados pueden quedar al descubierto formando algunas veces un objeto de decoración. En este caso, las maderas se cepillan por las caras que han de quedar á la vista y se las pinta al óleo, y hasta se adornan las aristas con un cuarto bocel ó escocia, con filetes ó con cualquiera otra moldura. Para ello, deben tener un grueso mayor que el del muro, á fin de que hagan resalto.

717. Hay circunstancias en que por exigirse que sean ligeros los entramados ó que no dejen paso á los ruidos se hacen huecos suprimiéndose el relleno y reduciéndose la operación al enlatado de ambos paramentos y su guarnecido de yeso. Se pueden hacer abrigados estos revestimientos, impidiendo el paso, lo mismo al calor que al frío, rellenando el hueco que queda con tierra apisonada, arena y aun paja.

718. En construcciones provisionales ó donde se exige así por circunstancias particulares, se cubre solo una cara ó paramento de entramado con

un revestimiento de tablas cuya unión con las piezas del entramado puede hacerse de varios modos, así como la de unas tablas con otras. Unas veces, se clavan simplemente unas al lado de otras, á junta plana *A (fig. 437)* ó á ranura y lengüeta *B;* otras veces se cubren unas á otras *C, D,* cuando se colocan horizontales, y finalmente se las entra también en ranuras abiertas en los pies derechos *E, F.* Igualmente, cuando no se quiere debilitar estas piezas y se desea haya facilidad en la renovación de las tablas que se estropeen, se las sujeta con listones *d, d (fig. 438)* que forman la ranura donde encajan las tablas *A, A,* y á cuyos listones puede dárseles cualquier moldura.

719. TABIQUES SENCILLOS DE MADERA.—En obras que se construyen solamente con madera, se emplean cerramientos ó tabiques muy sencillos de tablas, como se dibuja en la *fig. 439,* donde se trata de cerrar el espacio entre los postes *P, P.* Basta para ello sentar sobre el zócalo de fábrica, si lo hay, como en el ejemplo, una solera *ss* y á cierta altura un cabezal *cc,* ensamblados antes á caja y espiga en los postes. Para ello se comprende que debe hacerse la caja de mayor longitud que la espiga, á fin de que ésta pueda entrar oblícuamente de abajo arriba ó de arriba abajo. Sobre estas dos piezas horizontales se clavan las tablas, como indica la figura, simplemente al tope; pero esto deja paso al viento y á la lluvia, y generalmente se cubren con un listón de unos 4 centímetros de anchura y uno de grueso, llamados *cubrejuntas C (fig. 440),* que se clavan sólo de un lado para que las tablas puedan contraerse y dilatarse libremente con los cambios atmosféricos, quedando cubierta la junta en todos casos: de clavarse en las dos tablas, una ú otra se abriría ó rajaría cuando ocurriesen dichas variaciones. Si fuera grande la distancia entre la solera y el cabezal, se refuerza el conjunto reuniendo estas piezas con tornapuntas *T (fig. 439)* y un postecillo *V,* ó por medio de cruces de San Andrés. En algunas ocasiones el revestido de tablas va sobre las soleras, como en la *fig. 441,* pero en este caso hay que clavar en ellas unos ristreles *R* para que á su vez sirvan de apoyo donde clavar las tablas; este sistema tiene el inconveniente de que el agua de lluvia penetra en las juntas y pudre la madera.

Los tabiques divisorios de ciertas oficinas que no llegan al techo de la habitación, se coronan generalmente con una pieza de madera redondeada por su cara superior y hasta labrada con molduras. Son entonces sistemas de carpintería de taller, cuya construcción es como la de las puertas de que se hablará más adelante.

720. TABIQUES COLGADOS.— Los tabiques de carpintería tienen mucha aplicación en el interior de los edificios por el poco sitio que ocupan y principalmente porque bien dispuestos, como sucede á los *colgados,* no cargan sobre los pisos. Se disponen en este caso de manera que el madero de suelo *M (fig. 442),* llamado *aldabía,* esté suspendido de las péndolas *P, P,* por medio de estribos de hierro *ba,* sujetos con pernos ó pasadores. Éstas á su vez se fijan en la aldabía superior *cc,* aunque es mejor sostenerlas por las dos tornapuntas *T,* y por el puente *H.* En vez de los estribos *ab* podría quedar encepado el extremo de la péndola *P* *(figs. 443* y *444)* por cortes en cola de milano entre dos maderos de suelo *M,M,* sujetando, además, esta ensambladura por medio de pasadores; pero este medio es poco sólido por estar en el extremo de la madera y ser fácil se raje ésta al hilo. Debe preferirse el estribo ó una banda de hierro cuando el peso que cargue sobre las piezas *M* haga temer este accidente.

La *fig. 445* indica la disposición que puede adoptarse cuando en el tabique colgado no hay hueco alguno, y la *fig. 446,* que abraza dos pisos, presenta el caso de hallarse los huecos á un lado. La unión de las piezas en el punto *A* se indica detalladamente en la *fig. 447.*

721. ESTABILIDAD Y CONSOLIDACIÓN DE LOS ENTRAMADOS.— Los pies derechos de ángulo ó cornijales son muchas veces de una pieza, alcanzando dos pisos del edificio, y tienen como las almas que sirven para verificar la unión con otros, mayor escuadría que los restantes, según se ha dicho (713). Ésta aumenta en el sentido ó dirección de los entramados, como se indica en *A, A' (fig. 448)* si es cornijal y en el del que á él se une *B, B'* si es alma, porque de lo contrario, el exceso de escuadría formaría un resalto en los paramentos, cosa poco importante si hubiera de quedar la madera al descubierto, pero de muy mal efecto si ha de recubrirse.

Los entramados de fachada se hacen verticales por el paramento interior y con un ligero talud por el exterior para resistir al empuje de los suelos. Este talud permite disminuir la escuadría de los pies superiores.

722. La estabilidad de los entramados se au-

menta enlazándolos unos con otros y con las paredes de fábrica y maderamen de los suelos. Por esto, además de las ensambladuras, se asegura la trabazón de las diferentes piezas con escuadras, llantas ó gatillos, grapas ó trabas de hierro y pernos, de modo que todos los maderos estén perfectamente enlazados y no pueda sentirse ni falsear uno, sino que todos trabajen á la vez. En las figuras anteriores se han indicado algunos de estos herrajes, y la *fig. 449* nos presenta el medio de reforzar ó asegurar con bandas de hierro la unión de las carreras con los pies derechos y tornapuntas.

723. VENTAJAS É INCONVENIENTES DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA. — El poco grueso que los entramados exigen aumenta el espacio disponible en poblaciones muy condensadas ó pobladas, donde el valor del solar es de consideración; son malos conductores del calor y del frío y resisten mejor que las paredes de las otras fábricas á los sacudimientos de la costra terrestre por el enlace y trabazón de todas las partes del edificio, al mismo tiempo que por el juego que pueden tener en sus ensamblajes sin desunirse; permiten referir las cargas á puntos resistentes más ó menos distantes y aliviar por lo tanto los puntos de apoyo que sean débiles, dejando donde se quiera vanos de gran luz que no podrían adintelarse con las fábricas de mampostería ó ladrillo á que sustituyen; son de fácil y pronto montaje, pudiéndose preparar lejos de la obra y á cubierto durante el mal tiempo para luego elevarlos rápidamente en su sitio cuando está bueno el tiempo, cuyas ventajas pueden ser muy importantes y decisivas en ciertas circunstancias; como son más ligeros y están mejor trabados que las otras paredes, son propios para edificar en terrenos poco firmes; y últimamente, permiten habitar más pronto el edificio que si se construye de otra fábrica, puesto que se secan más prontamente.

En cambio de estas ventajas tienen muy graves inconvenientes, siendo el principal la facilidad de arder, que hace temibles los incendios en localidades donde se usa este género de construcción; son fáciles de destruir y agujerear, favorecen el desarrollo de insectos y perpetuando este estado de insalubridad están expuestos á la podredumbre en los sitios húmedos y más especialmente en los que están cubiertos del todo; finalmente requieren más cuidado de conservación que las otras paredes.

ARTÍCULO X

Aplicación del hierro á la construcción de paredes.

724. EDIFICIOS METÁLICOS. — La construcción de edificios con materiales metálicos es quizá el porvenir de nuestras habitaciones. Aparte de los grandes edificios dedicados á Exposiciones, de las construcciones de buques y obras de caminos, se fabrican casas de hierro que, si resultan caras todavía, tienen en cambio á su favor la facilidad y prontitud con que se arman y la ventaja de poderse trasladar de un punto á otro armándolas y desarmándolas sin que por esto se resienta su solidez. Las casas de hierro que tanto abundan en los Estados Unidos, tienen de hierro fundido sus postes ó puntos de apoyo en todos los pisos, de hierro laminado ó de acero la viguería de sus suelos y cubierta y de fundición las fachadas. Éstas se forman de enormes piezas con pestañas horizontales y verticales que se roblonan en la obra, presentando el aspecto de pilastras, aristones, arcos, entrepaños, etc., con los cortes ó despiezos y perfiles de una obra de cantería, cuya apariencia toman con la pintura que se les aplica. En Bélgica está excluida la fundición de esta clase de obras, empleándose sólo el hierro laminado y las planchas de acero. Los cimientos y paredes divisorias se construyen de los materiales ordinarios, piedra, ladrillo y mortero, cubriéndose los edificios con palastro ondulado. La construcción metálica, como se ve, no ha salido, sin embargo, todavía de los antiguos estilos de decoración, sin ver en los nuevos materiales otra cosa que nuevos medios que aplicar sin que los principios varíen, sea que se emplee piedra, madera ó hierro.

Está, sin embargo, muy generalizada la sustitución del hierro á la madera en la formación de los entramados, empleándose éstos, lo mismo que los de madera, como traviesas ó paredes interiores y fachadas de patios, con la tendencia de sustituir completamente á la madera si continúa acentuándose la baja en el precio del hierro al par que la carestía de la primera. En nuestros climas meridionales debe sin embargo tenerse presente que el calor traspasa fácilmente las paredes, cuyo espesor es menor de 40 centímetros, y que mejor atravesará al hierro.

La condición principal que deben reunir en todos casos, es la de simplicidad de ejecución.

725. APLICACIONES DEL HIERRO EN LA FORMACIÓN DE PAREDES.—Sobre basas de piedra se levantan en ciertas construcciones, como mercados, almacenes, etc., unos pilares huecos de hierro colado que afectan al exterior la forma de pilastras, como se ve en las *figs. 450* y *451* y que sirven de apoyo á los pisos ó á la cubierta por el intermedio de carreras. Para el relleno ó cierre del espacio comprendido entre estos pilares, se les adosan hierros ⊔ entre los que se contiene la fábrica, que es generalmente de ladrillo. El hierro colado tiene, además, ventajosa aplicación en umbrales y guarnecido de puertas y ventanas, en la parte baja de las fachadas, donde haya escasez de sillería ó resulte cara y cuando se quieran preservar las aristas, las esquinas ó las molduras de la mala fe ó de los instintos de destrucción. La piedra pierde con el tiempo su buen aspecto, mientras que en el hierro puede renovarse fácilmente con la pintura.

El hierro fundido empleado en ciertos sitios se recubre de terra cotta ó loza esmaltada para dar un aspecto alegre y limpio á las paredes.

Las paredes de cerca que quieren hacerse delgadas, se refuerzan con postes de hierro de sección I de 14 á 16 centímetros, que quedan empotrados en la fábrica de ladrillo, al cual reciben entre sus alas presentando las cabezas en los paramentos. Empleando buen ladrillo, puede quedar éste aparente y encerrado entre estas cadenas de hierro que presentan salientes dichas cabezas. En este caso, la albardilla que ha de cubrir la pared se presta á una decoración más ó menos rica, haciéndola de hierro y coronándola de una crestería metálica: serviría además para enlazar los extremos superiores de los postes. Estas cercas se coronan también con tejas planas de barro cocido con ó sin crestería encima. Los postes ó cadenas pueden sobresalir por arriba, y enlazados con alambres servir para emparrados ó para completar la altura cuando se desea cerrar un espacio sin quitarle las corrientes de aire, en cuyo caso se tiende una tela ó red metálica de uno á otro poste.

La aplicación más importante del hierro, hoy que lo proporcionan los laminadores con secciones resistentes tanto á la compresión como á la flexión, es para hacer entramados verticales como los de madera. Se hacen delgados como tabiques con hierros angulares y de T; del grueso ordinario de los de madera aunque algo más reducido, empleando los hierros de sección T ó ⊔, y finalmente, con vigas tubulares de palastro, el cual forma si se quiere los paramentos: también se combina el hierro con la madera, como vamos á ver detalladamente.

726. ENTRAMADOS LIGEROS DE HIERRO.—Se hace el esqueleto empleando hierros angulares de $\frac{80 \times 80}{9}$ en las esquinas *E*, *(fig. 452)* y los de sección T de $\frac{75 \times 80}{8}$ en los pies derechos ó postes *A*, rellenando el grueso *M*,*M* de la pared con fábrica de ladrillo. Las carreras que han de recibir el piso ó la cubierta son hierros de sección I ó ⊏, como la *ca* de la *fig. 453*. Á ciertas alturas se enlazan los postes con tirantes de hierro plano *tt*, que se acodillan por sus extremos para fijarlos en los brazos ó nervios de los postes por medio de pernetes. Si para reforzar las esquinas se disponen dobles hierros *(fig. 454)*, se enlazan por medio de placas horizontales *aa*, en las cuales se fijan unas escuadras *es*, que sujetan los hierros verticales empleando pernetes *N*. Los postes descansan sobre soleras de hierro *ss (fig. 455)*, que son unas barras planas de 8×7, fijándose los postes en su posición por medio de escuadras *ea*, que se unen con remaches en la solera y sujetan el poste por medio de pernetes *nn*.

727. ENTRAMADOS ORDINARIOS DE HIERRO.—Se forman análogamente á los de madera, levantándolos sobre un citarón ó muro corrido de fábrica de mampostería ó ladrillo, en el cual se asienta una plancha de un centímetro próximamente de grueso ó hierros de sección ⊔ que se nivelan y se aseguran en su posición por medio de pernos empotrados en la fábrica inferior. Estos hierros, cuyo ancho es el del entramado, sirven de asiento á los postes, que son hierros de ⊔ ó de I, de 12 á 16 centímetros de nervio generalmente, los cuales se colocan á 1^{m} ó $1^{m}50$ de distancia unos de otros, rellenándose este espacio con yesones y yeso ó con fábrica de ladrillo, que queda encerrada de este modo entre los brazos ó alas de dichos hierros. Éstos se enlazan entre sí en cada metro de altura por medio de pernos de 14 $^{m}/_{m}$ con cuatro roscas y mejor por barras planas de 40×7, acodilladas por sus extremos para fijarlas en los postes y que á manera de puentes mantienen invariable su

separación y evitan que se doblen. Se completa el enlace estableciendo unos pernos verticales entre cada dos barras ó puentes, quedando unas y otras piezas embebidas en la fábrica del relleno.

Los postes sirven generalmente para más de un piso, y cuando hay que empalmarlos se emplean barras que abracen por ambos lados los extremos de los hierros empalmados atornillándolas en ellos. En los ángulos y encuentros de unos entramados con otros se disponen para cornijales ó almas los mismos hierros, aunque pareados, haciendo que alcancen la altura de varios pisos.

La estabilidad de las carreras sobre los postes se asegura no solamente por su propio peso sino por ensamblajes particulares que se fijan además con escuadras y pernos ó roblones para que ni las vigas ni los postes puedan inclinarse ó torcerse. Las carreras se forman generalmente con dos hierros de la misma clase que las viguetas de suelo ó que los postes, los cuales se ensamblan en ellas de varias maneras, según veremos.

Los huecos de puertas y ventanas ó balcones se forman aprovechando para ello dos postes que al efecto se colocan á la distancia conveniente, ensamblando en ellos los travesaños ó puentes superior é inferior que limitan la altura del vano, por medio de escuadras sujetas con pernetes ó roblones. A estos hierros se atornilla el cerco de madera donde se fijan los goznes ó visagras de las puertas, aunque también pueden fijarse en el hierro.

El antepecho se hace de hierro dándole cierta salida con una moldura en forma de goterón para que escurra las aguas de lluvia.

La disposición de las piezas que componen un entramado de hierro es muy varia, según sean los hierros de que se forma, como vamos á explicar detalladamente.

728. ENTRAMADOS CON POSTES ⊔ Y CARRERAS I.—Examinando el ejemplo de la *figura 456*, que representa el alzado y la sección horizontal por la línea *xz* de un entramado de hierro, vemos que con dos hierros *ab*, *ab*, de sección ⊔, cuya altura varía entre 12 y 14 $^c/_m$, se forma un machón *M* y con otros el cornijal ó esquina *E* sobre los cuales se apoya la carrera *cc* formada de dos vigas I que reciben encima las cabezas de las viguetas *V*, *V*, del piso superior del edificio. El espesor de esta parte del entramado es de 25 centímetros que es la medida de los hierros que lo forman reduciéndose á 14 en el piso superior. El hierro *q s* que forma la esquina, llega hasta el alero de la cubierta.

Sobre las viguetas de suelo y asegurándose á ellas se sienta una plancha de 14 centímetros de anchura por 1 de grueso para apoyar en ella los postes *do*, *do*, del piso principal, los cuales pueden también ensamblarse directamente en las carreras *cc*. Estos postes reciben por su parte superior *o*, *o*, otras carreras para hacer otro piso ó colocar la cubierta del edificio.

Los huecos de puertas ó ventanas se limitan superior é inferiormente con puentes *H* y *T* de la misma clase de hierros que los postes, colocando éstos á la distancia que exige la anchura del hueco como en los entramados de madera.

729. Pasando ahora á estudiar la estructura y ensamblaje de las diferentes partes del entramado, vemos en los detalles dibujados dentro de la misma *figura 456* que los dos hierros *P*, *P*, *P'*, *P'*, que forman el machón *M*, *M'*, descansan sobre una plancha horizontal *cn*, *c'n'*, de un centímetro de espesor que sirve de solera y en la que se fijan los extremos inferiores de aquéllos por medio de escuadras. La esquina *E* se forma colocando sobre la plancha de solera los hierros *eh*, *e'h'*, *kh*, *k'h'* unidos por roblones como indica el detalle, disponiendo otro hierro *ml*, *m'l'*, para limitar el relleno por este lado de la esquina. en la que lo está por el hierro *hk*. Por el otro lado se disponen los postes para el relleno en combinación con el *he*, *h'e'*.

Las carreras formadas de dos hierros I *(figura 457)* se apoyan en el alma ó nervio *N* de los postes, para cuyo efecto se les corta en la extensión *aa* que abarca la carrera, la cual de este modo se aloja entre los brazos *az*, *a'z'*, que quedan de aquéllos, sujetándose la unión por medio de un perno *p*,*p'p'*, que en el ejemplo abraza también un tablón *md* en el que queda embutida su cabeza y que sirve de faja acusando al exterior el piso del edificio y ocultando las cabezas de las viguetas *V* que lo forman. El perno pasa además por dentro de un manguito *M* que mantiene equidistantes los hierros I que constituyen la carrera. Cuando se hace preciso empalmar estos hierros por ser excesiva su longitud, se dispone, no sobre un poste, pues es imposible en el canto de su alma, sino entre dos de ellos que estén muy próximos como los del machón de nuestro ejemplo, empleando para enlazar los dos extremos las placas de junta *es* y los pernetes indicados en frente y sección con las letras *n*,*n'*.

Las viguetas de suelo *V* descansan simplemente en este ejemplo sobre las carreras en una longitud de 20 $^c/_m$ rellenando después de fábrica de ladrillo el espacio de unas á otras, como se rellena el hueco interior de la carrera.

Los postes del piso inmediatamente superior *do, do (fig. 456)* descansan en una plancha de 14 $^c/_m$ de anchura por 1 de grueso *(fig. 458)* colocada encima del relleno de viguetas de suelo y asegurada en las cabezas superiores de éstas. Estos postes *ab, a'b'* se fijan en la plancha por medio de las escuadras de brazos desiguales *es, e's'* que se pueden roblonar á ella en el taller, asegurando la posición de los postes *ab, a'b'* en la obra con los pernetes representados en la figura. Por el extremo superior los postes *od, od* de la *fig. 456* sostienen la carrera *oos* de sección ⊔ que sirve de solera para el asiento de la cubierta verificándose su ensamblaje como detalla la *fig. 459.* En ésta se ve que la carrera *ab, a'b'* se apoya en los nervios de los postes *P, P'*, para lo cual se les quita la parte de brazos necesaria sujetándose la unión por medio de las escuadras de brazos desiguales *es, e's'*, que se indican de trazos en la figura.

Los puentes *T, H (fig. 456)* con que se limitan por abajo y por arriba las ventanas, son hierros de ⊔ iguales á los de los postes y se sujetan á ellos por medio de escuadras de brazos desiguales *es, e's' (fig. 460)* roblonadas en el taller á los puentes *T* y *H* y con las que se fijan éstos á los postes *PP, P'P'*, por medio de pernetes, según se ve en la figura.

Para formar el marco donde ha de encajar la ventana, se fijan con roblones distantes unos 15 $^c/_m$ las cantoneras *ab, a'b'*, en los costados de los postes *PP, P'P'* y la *cd, c'd'* sobre la peana ó puente inferior *T*.

El pasamanos *B* del antepecho *(fig. 456)* se fija también por medio de escuadras *es, e's' (figura 461)* cortando de antemano las cantoneras *ab, a'b'*, como se indica en la figura, donde se observa que los pernetes de sujeción del pasamanos *B, B'*, con la escuadra tienen embutida su cabeza superior en la barreta redondeada que forma la cara superior de aquél.

En la *fig. 460* se indican además con la letra *C, C*, unas escuadras de brazos desiguales que á modo de cartelas adornan la ventana, pudiendo servir para sostener un guardapolvo las de la parte superior y un tablero de mesilla las inferiores.

730. ENTRAMADOS DE POSTES Y CARRERAS, SECCIÓN I. — Se emplean para entramados verticales los hierros I de alas anchas con preferencia á los otros porque se facilita con ellos la colocación de roblones ó pernos y se da más estabilidad al entramado. La *fig. 462* presenta un ejemplo de dos pisos de un entramado que tiene otros más. Los postes *P, P*, que sirven al mismo tiempo para formar los huecos de puertas y ventanas son hierros de I de 12 centímetros y otras veces de 14 $^c/_m$ que se fijan inferiormente por medio de escuadras *E* en la plancha que está tendida sobre el citarón ó zócalo y se mantienen equidistantes en su situación vertical con el empleo de pernos *N* que abrazan cada dos postes, ó de barras planas que se embeben en una junta horizontal de los ladrillos. La plancha de asiento se fija en su sitio por medio de pernos *S* que se empotran en la fábrica del zócalo. Los postes de ángulo se forman con dos hierros de I *(fig. 463)* y una cantonera *E* que hace la esquina enlazándose los tres hierros de cierta en cierta altura por medio de bastidores interiores *abcd* que sujetan dichos hierros con los pernetes indicados en la figura. Se consolida el ángulo formado por las carreras con los cornijales empleando cartelas como se representa en *C, C (figura 462)*.

Se forma la carrera con dos hierros I *(fig. 464)* que se mantienen separados, empleando pernos *pp, p'* y se ensamblan con los postes *st, s't'*, cortándoles una ala en su encuentro con dichos postes y quitando también á éstos las cabezas y parte del alma en lo que abraza la altura *ac* de la carrera. Esta parte del poste se refuerza con una placa ó dos *bd, b'd'* que atraviesan las carreras y se sujetan fuertemente con pernetes *N, N'*, á los postes. Pueden unirse también los postes con las carreras empleando escuadras de ensamblaje *(fig. 465)* la una para formar la cabeza *ad* á la parte inferior *P* del poste donde apoyan los hierros de la carrera *cr* y otras para servir de base *cb* á la parte superior *P'*. Las escuadras superiores y las inferiores sujetan la carrera *cr* por medio de pernos *N* que pasan entre los dos hierros I que la forman de la manera que se representa en la sección de la *fig. 466*.

Si los postes no pasan de un piso á otro á través de las carreras, lo cual sucede cuando los entramados son bajos ó están poco cargados, puede adoptarse para el ensamblaje la disposición de la figura. La carrera formada de dos viguetas *V, V', V'*, se

apoya en el canto del poste *A, A'* al que se forma una cabeza con las dos escuadras *es, e's'* roblonadas al nervio del mismo, y el poste *B, B'* descansa sobre la carrera valiéndose de otras dos escuadras *cd, c'd'*. El ensamblaje se asegura por medio de los pernos *pn, p'n'* que enlazan las escuadras superiores con las inferiores, y las viguetas que forman la carrera se mantienen equidistantes por medio de pernos de cuatro cabezas *t,t't'* pudiendo interponerse también un bastidor como se indica de puntos en la figura.

La unión con los postes, de los puentes que limitan superior ó inferiormente los huecos de puertas y ventanas, se efectúa empleando escuadras *es, e's'*, *(fig. 467)* roblonadas al puente y sujetas al poste por medio de pernetes las cuales se colocan por debajo del puente que limita inferiormente el marco de una ventana y por encima del que forma el dintel. Los cercos de madera se sujetan á los hierros de este marco de la manera que indica en sección la *fig. 468* empleando pernos *pn* cuya cabeza *p* queda embutida en la madera y aun oculta si se quiere por un taruguito encolado que se ajuste exactamente en el hueco donde se aloja.

Cuando los entramados son de gran altura y han de resistir mucha carga, se forman los postes de dos hierros I *(fig. 469)* unidos á trechos por pernos de cuatro cabezas *pp, p'* para mantener constante su separación y darles más resistencia. El empalme de unos con otros se verifica por medio de una pieza especial *B, B'*, de sección I formada de palastro y cantoneras como se ve en la planta ó por un trozo de hierro I de alas anchas fijándose en ambos casos los brazos á los postes por medio de pernetes *N, N', N''*. Para la colocación de la carrera hay que cortar los brazos de las cantoneras ó las alas del hierro de empalme, según se indica en la sección de la derecha, y los hierros de las carreras se unen como en los demás casos por medio de pernos *t, t't'*, los cuales atraviesan en este ejemplo la pieza de empalme.

Los postes así como las carreras pueden ser continuos como aparece en la *fig. 470*. En este ejemplo, los hierros *P, P, P', P', P''*, que forman los primeros son de I de alas anchas y atraviesan las carreras sin interrupción, como se ve en la planta y en la sección vertical, habiendo necesidad únicamente de cortar las alas interiores de los hierros I que componen las carreras del modo indicado en *a, a, a', a'*. De esta manera, los nervios ó almas de estas últimas se juntan con las cabezas de los postes, asegurándose unas piezas con otras por medio de roblones *R, R', R''*, ó mejor con pernos. El ensamble puede reforzarse apoyando la carrera en escuadras roblonadas en los postes como se indica de puntos en *E, E, E', E'*.

Los hierros que forman los postes se reducen á uno solo en los pisos superiores cuando la carga que deban aguantar lo consiente.

731. ENTRAMADOS CON POSTES DE HIERROS I PAREADOS Y CARRERAS ⊔.— Los hierros I de alas anchas pareados que constituyen los postes *(fig. 471)* se enlazan como en los demás casos por medio de pernos *pp, p'p', p''* colocados á trechos y las carreras compuestas de dos hierros ⊏ se colocan con los brazos vueltos hacia el interior del edificio siendo fácil su ensamble con los postes si se emplea una plancha de palastro recortada en forma de cruz *abcd* la cual se coloca en el paramento exterior y se fija con roblones ó pernetes á la vigueta que por este lado presenta la carrera y á las cabezas de los hierros que sirven de postes, enlazándose además con el hierro ⊔ que da al interior del edificio por medio de un perno *tt, t', t''t''*, con lo cual el ensamble queda sumamente rígido.

Los hierros ⊏ que constituyen las carreras pueden colocarse con sus brazos hacia fuera como indica la *fig. 472*, ensamblándose con los de los postes por simple yuxtaposición asegurada con los pernetes *N, N', N''*. Se aumenta la seguridad empleando los pernos *pp, p', p''p''*, y si se quiere apoyando los hierros ⊔ de las carreras en escuadras *es, e's'*.

La *fig. 473* presenta la sección horizontal de un poste de esquina *A* y de otro intermedio *B* en los que se emplean hierros de doble T, de ⊔ y carriles de ferrocarril ofreciendo una gran resistencia. Los hierros I se mantienen separados por bastidores colocados á trechos atravesando á unos y otros los pernos *pn* que de metro en metro de altura proporcionan gran rigidez al poste. El hierro ⊔ que en el ángulo *A* forma la caja para recibir el relleno se fija al bastidor por medio de pernos.

732. ENTRAMADOS CON VIGAS TUBULARES DE PALASTRO.—Se emplea también el palastro para formar entramados dando á los postes la forma tubular y verificando las uniones con hierros angulares ó cantoneras dispuestas de la manera más conveniente para que sirvan de caja al relleno. Así, en muro corrido se dispondrán como

se indica en *A (fig. 474)* de manera que los palastros *aa, dd,* determinen el espesor de la pared sirviendo de caja al relleno con los de los costados *ad, ad,* que se unen á los anteriores por medio de las cantoneras indicadas en sección en la figura. Si se trata de una esquina, la disposición está indicada en *B*, y cuando un entramado transversal ha de encontrar á otro que lo recibe por uno de sus frentes se adopta la disposición *D* agregándole las cantoneras indicadas de puntos.

Cuando los entramados son de planta curva, las carreras deben afectar esta forma, según indica la *fig. 475* que representa la caja de una escalera. Conviene en este caso evitar la tendencia que pudieran tener las carreras á tomar su primitiva forma recta haciendo que los pernos horizontales *aa* situados en dirección de las cuerdas del arco, enlacen bien unos postes con otros para contrarrestar la expresada tendencia.

733. EMPLEO DEL PALASTRO EN LOS PARAMENTOS Ó FORMACIÓN DE PAREDES.—En ciertos edificios que hayan de ser del todo incombustibles ó en localidades donde hay carencia de materiales pétreos ó térreos, pueden forrarse los entramados de hierro con hojas de palastro de 1 $^{m}/_{m}$ de grueso y aun formarse las paredes con ellas solamente en los dos paramentos. La separación de éstos ó el espesor de las paredes es de 12 á 16 $^{c}/_{m}$ cuando son de carga y de 8 ó menos cuando solo sirven de tabiques divisorios. Las planchas están estampadas de manera que presentan en su sección transversal una pirámide central *(figura 476)* y molduras en sus bordes formando almohadillados que al mismo tiempo que dan buen aspecto á los paramentos les prestan gran rigidez. La unión de las planchas entre sí se efectúa por medio de dobleces de 25 $^{m}/_{m}$, hechas á escuadra en sus bordes con las cuales se roblonan á hierros planos que se interponen ó á los nervios de los de sección ⊤, en cuyo caso, la cabeza de ésta tapa la junta. La separación de las planchas ó el espesor de la pared se fija por placas más gruesas *B, P,* colocadas horizontalmente á las que se aseguran los bordes ó pestañas de aquéllas. Estas placas se hacen caladas con objeto de disminuir su peso sin perder resistencia y de que circule el aire para evitar que penetre en el edificio el calor ó el frío exterior. En sus bordes longitudinales tienen unas muescas *e, e (fig. 477),* donde alojar los hierros planos ó el nervio de los de sección ⊤ empleados en la unión de las planchas de los paramentos y los convenientes agujeros *a, a,* para el roblonado de las planchas. Estas uniones se disponen de manera que el agua de lluvia no pueda introducirse por la junta, sea cubriéndola con la pestaña de la plancha superior sea con una banda ó faja que se dobla del modo conveniente para que cumpla su objeto.

Las planchas de palastro ó de acero galvanizado descansan por su borde inferior *a, a′ a′ (figura 476)* en una placa de asiento ó en hierros ⊔ cuyo brazo superior *a* queda cubierto y defendido de la lluvia por la doblez de la hoja superior, la cual se fija en dicho hierro por medio de roblones. Por su borde superior *c* se fijan las planchas en la placa horizontal *B,* quedando cubierta la junta por la pestaña *b, b′ b′* de la plancha superior, la cual tiene poca altura para presentar estrechos almohadillados que den resistencia al revestido en este punto que es donde más la necesita por hallarse á un metro próximamente del suelo. Los taladros y las muescas de que se ha hablado, se practican á una distancia igual unos de otros ó sea con sujeción á un módulo del cual se hacen múltiples las dimensiones de las piezas que entran en estas paredes con objeto de facilitar la ejecución ó montaje y evitar operaciones de taller en la misma obra, consiguiéndose de este modo una gran economía de tiempo y de coste.

734. El poco peso de estas construcciones ahorra los cimientos, pues la experiencia ha hecho ver que pueden descansar sobre el terreno natural á no ser que éste sea demasiado flojo. Los hierros ⊔ que son su base se enlazan formando un marco ó parrilla que reparte las presiones de un modo uniforme sobre el terreno, produciendo un asiento igual en todos sus puntos que no desnivela los pisos ni desploma las paredes. El marco se forma de dos hierros superpuestos en cada lado y fuertemente roblonados estando destinados los inferiores á encerrar el hormigón si éste ha de ser el piso, ó á servir de apoyo á las viguetas que hayan de recibir el entarimado. Los hierros superiores se cortan generalmente en el umbral de las puertas y los que dan al interior están calados para que por ellos penetre el aire viciado y pueda establecerse una ventilación por el centro de las paredes hasta la techumbre.

La junta vertical de las planchas con los postes *(fig. 478)* se cubre con hierros ⊤ por el exterior *E,* introduciéndose el nervio entre la pestaña de aquéllas y el brazo del poste y con cantoneras *C*

por el interior sujetándose las tres piezas con roblones, como ya se ha dicho para las otras juntas.

Los ángulos interiores y exteriores ó sean las esquinas, tienen forma cilíndrica; dándosela lo mismo á los hierros ⊔ de la base como á las planchas de palastro. Estas se disponen según se indica en *es*, *e's'*, con las pestañas normales á los paramentos de las paredes para que se ajusten con los hierros ⊥ ó cantoneras que forman las juntas verticales. La base ó zócalo de estas esquinas se hacen también de fundición de la manera indicada en la *fig. 479*, terminándose con otra pieza del mismo material formando cornisa *(fig. 480)*, la cual sirve para colocar la canal que ha de recoger las aguas de la cubierta.

En el encuentro de los tabiques ó paredes divisorias con las fachadas, se adoptan disposiciones análogas á las de esquina como se ve en *D (figura 478)* con la diferencia de estar más próximas las planchas de los paramentos para que su separación dé el espesor de 8 c/m que se ha indicado.

735. Los pisos se establecen sobre carreras *C (fig. 481)* que forman un cuadro ó parrilla como en la base, sirviendo para enlazar todas las paredes; y sobre la viguería de suelo *V* se dispone otro cuadro *B* de soleras para seguir con la colocación de las planchas *P* de las paredes superiores. La viguería, en vez de descansar sobre las carreras, puede ensamblarse en su costado por medio de escuadras de la manera indicada en las *figs. 150* y *151;* y en este caso, los hierros que constituyen el encadenamiento de las paredes, ó sea las carreras y las soleras superiores, pueden descansar unas sobre otras *(fig. 482)* fijándose entre sí por medio de pernetes ó roblones. En construcciones ligeras, no se establece generalmente más encadenamiento de paredes que el de las carreras ó sea de los hierros inferiores *B*.

El techo se forma como las paredes, por medio de planchas estampadas *tc* que apoyan por sus bordes en los brazos ó alas de los hierros inferiores *B* y de las viguetas *V* que forman el piso.

La cubierta descansa sobre el marco ó encadenamiento de las carreras superiores.

736. Los marcos de puertas y ventanas se fijan por medio de hierros angulares ó cantoneras *(figura 477)* que se roblonan en los nervios de los hierros verticales donde se sujetan las pestañas de las planchas de paramento.

Las molduras se hacen amoldando planchas al perfil que se desea y sujetándolas en la obra del modo que indica la *fig. 481* cuando se trata de una cornisa. La plancha se roblona como se ve, por su pestaña superior *a* y cubre las cabezas de las viguetas *V* que forman el piso ó la armadura de la cubierta.

La *fig. 483* indica la manera de convertir en pilastra moldurada el frente que presenta el hierro *A* de un poste. Para ello se fijan en las hojas de palastro *pp*, que deben unir los postes de ambos paramentos, las bandas molduradas *B*. Cuando se trata de formar una basa ó zócalo á la fachada, se adopta la disposición indicada en la *fig. 484*, fijando la plancha *ad* que ha de presentar el perfil á los hierros del cuadro inferior sobre que se forman las paredes.

737. CONSTRUCCIÓN MIXTA DE HIERRO Y MADERA.—Consiste este sistema en formar con entramados de hierro la osamenta del edificio y revestirlos exteriormente de planchas de hierro ó de acero y por el interior de madera, de cuyo material se hacen también los tabiques divisorios. Este revestimiento se compone de tablas de unos 2 c/m de grueso por 7 á 9 de anchura y de la longitud correspondiente á la altura de los pisos, ensamblando unas en otras á ranura y lengüeta. Se pintan ó barnizan ó se cubren de papel pintado, telas, etc., según el gusto y riqueza que se quiere dar á la obra.

La construcción mixta es menos conductora del calor que la hecha únicamente de hierro y su duración ha de ser larga por no estar expuesta la madera á las influencias atmosféricas.

Para el revestimiento interior de madera *(figura 485)* se disponen horizontalmente unos tablones *T* ó fuertes listones ó ristreles *L* donde clavan las tablas. Dichas piezas se fijan por medio de pernos en los hierros *B* que forman el zócalo ó en los de la carrera. Los listones intermedios *L* se sujetan del mismo modo en las placas horizontales *aa* que sirven para sujetar las planchas del revestimiento exterior. También en vez de tablones se emplean listones fijados á lo largo de las planchas de asiento *A (fig. 484)* ó de las que unen los hierros de las carreras.

Los tabiques ó paredes de distribución, que por ambos lados están revestidos de madera, se sujetan á las paredes exteriores, cuando con ellas se encuentran, por medio de planchas recortadas en figura de T *(fig. 486)* las cuales tienen sus brazos *ab*, *ab*, atornillados en las placas horizontales que

fijan el espesor de la fachada y el nervio *bccb* en la que separa los dos paramentos del tabique. En éste, los listones horizontales *L* se hallan reforzados superior é inferiormente con bandas de hierro sujetas por medio de pernos al listón, como se ve en la figura. Por su parte superior el tabique, ó mejor dicho, los dos revestimientos que lo constituyen, se apoyan contra una vigueta I que puede ser de las que forman el techo, y por la parte inferior se sujetan en una plancha vertical *pp* que se mantiene fija en su posición empotrándola en la fábrica de un murete ó zócalo ó por medio de dos hierros ⊔ que la abrazan como en la figura, donde se supone que el piso bajo se forma sobre viguetas de hierro para librarlo de la humedad del terreno.

738. RELLENO DE ENTRAMADOS CON MORTERO RETENIDO POR ALAMBRADOS Ó ENREJADOS.—Este sistema ideado por Monier consiste en un enrejado de hierro formado de varillas y alambres por cada paramento del entramado rellenando el espacio que comprenden con mortero de cemento, consiguiéndose que sean incombustibles y que no dejen paso al calor, al frío ni al sonido. Para hacer el relleno se adoptan tableros á la parte exterior del enrejado y se mantienen en esta posición hasta que el mortero ha tomado cuerpo. El mortero se compone de tres partes de arena por una de cemento.

739. TABIQUES DE RED METÁLICA.—Se han construido tabiques y techos formando el alma ó estructura interior con una red de alambre de hierro fuertemente tensa en todos sentidos por alambres más gruesos que entrelazan las mallas. Se aplica luego por un lado una mezcla de yeso, cal y arena áspera amasada con pelote, apretándola con fuerza al tenderla para que salgan rebabas por el lado opuesto que sirvan de trabas para el guarnecido de éste. Obtiénese de este modo un espesor de 4 á 5 centímetros para tabiques y de 3 á 4 para techos: al cabo de algunos días está bastante seco y con una gran rigidez para ser pintado ó tapizado. En los sitios húmedos pueden emplearse mezclas hidráulicas.

740. INCONVENIENTES DE LAS CONSTRUCCIONES DE HIERRO.—A las ventajosas condiciones del hierro (724) se oponen no pocos inconvenientes que vamos á enumerar, presentando al mismo tiempo el remedio que se propone para remediarlos y las precauciones convenientes para su empleo. Los repetidos desastres ocurridos con el incendio de los edificios en que entra como elemento el hierro, aconsejan la mayor prudencia en su adopción y la necesidad de tomar las disposiciones más convenientes con objeto de evitar que la dilatación extraordinaria que experimenta el metal en un incendio, ocasione la ruina del edificio. Claro es que el metal no se quema; pero con el calor, las vigas al dilatarse, ó se encorvan hundiendo los pisos, ó se alargan derribando las paredes en que se apoyan; las columnas levantan las vigas y el resultado es siempre la pronta caida del edificio.

La fundición gris que se emplea en las columnas, si se enfría rápidamente (280), se trasforma en fundición blanca cuya fragilidad es grande. Así que un chorro de agua fría sobre una pilastra ó columna de fundición caldeada por un incendio la transforma en blanca muy quebradiza rompiéndose al menor esfuerzo unas veces y bastando otras para ello, el desequilibrio de las acciones moleculares interiores en el momento de la transformación. En este caso, el hierro es tan peligroso ó más que la madera, pues ésta se destruye lentamente y puede dar tiempo á tomar precauciones que son del todo imposibles con el hierro colado. No sucede lo mismo con el hierro ó el acero laminados, cuyos efectos son solamente los de la dilatación y contracción, por lo que deben tenerse presentes para dar á las uniones cierta holgura que permita dichas variaciones sin alterar la rigidez y estabilidad de la obra y sin que se marquen en ella desigualdades procedentes de esta causa.

Se ha dicho (286 y 299) cual es la variación que experimenta el hierro fundido y forjado en una diferencia de temperatura de 100° que equivale á $0^m000011$ y $0^m0000112$ respectivamente por cada metro y grado de diferencia. Por lo tanto, si tenemos una pieza de fundición de 10^m de longitud que ha de exponerse á una diferencia de temperatura de 30° desde que se coloca hasta el tiempo más caluroso, habrá que dejarle una holgura de $0^m000011 \times 10^m \times 30° = 0^m0033$. Es como se ve inapreciable en cortas longitudes. Se disminuye también la dilatación envolviendo el hierro con un revestimiento de yeso.

741. Otra precaución importante que exige el empleo del hierro es la preservación de la humedad, pues el óxido de hierro que el aire produce desde luego forma un par voltáico que descompone el agua, su oxígeno sigue la obra de oxidación iniciada por el aire y todo el óxido formado se cam-

bia en hidrato de óxido férrico que se desprende y es lo que se conoce con el nombre de orin ó herrumbre. Ahora bien, como esta acción tan enérgica es constante, el hierro va perdiendo insensiblemente materia y puede llegar un momento en que no le quede en su sección transversal la que necesita para resistir á los esfuerzos á que está sometido y se rompa. Es, por lo tanto, importantísimo preservar el hierro por medio de la pintura al óleo (que generalmente es de minio en la primera mano y en la parte que ha de quedar empotrada) no debiéndose nunca emplear este material sin esta preparación.

La humedad además atraviesa fácilmente los entramados de hierro por lo delgados que son haciendo insalubres las habitaciones, aunque á esto pueden oponerse revestimientos hidráulicos interior y exteriormente ó de tejas planas que dejen un hueco de 1 á 2 $^c/_m$ entre ellas y la pared.

Otro de los inconvenientes que presentan las paredes metálicas es su sonoridad y conductibilidad cuyos efectos se disminuyen cuando están cubiertas con yeso ú otra mezcla.

742. Se consideran también los entramados de hierro con poca estabilidad y presentan la dificultad de sujetar los marcos de madera del portaje á los postes de hierro, aunque esto puede remediarse empleando la madera en la parte del hueco y suprimiendo el hierro. La estabilidad y resistencia dependen mucho del buen roblonado ó atornillado y del ajuste de los ensambles ó uniones. Estas se recubren cuando se quiere evitar el paso del aire con plomo derretido, mastics ó mezclas de hierro, minio y otros ingredientes (402).

ARTÍCULO XI

Reglas y observaciones referentes á la construcción de paredes.

743. REGLAS GENERALES.—Para la solidez y estabilidad de un muro, se requiere: primero, que descanse sobre una base sólida convenientemente dispuesta y de la anchura suficiente para resistir con exceso los esfuerzos y empujes oblícuos que la hayan de trabajar; segundo, que los materiales sean de buena calidad y estén dispuestos de la manera más adecuada á su resistencia y destino; tercero, que los vanos correspondan sobre los vanos y los macizos sobre los macizos alejando aquéllos de las esquinas; cuarto, que haya unión y trabazón entre las distintas paredes.

744. HUMEDAD Y MEDIOS DE PREVENIRLA.—A lo dicho respecto de la humedad en los cimientos (526) tenemos que añadir aquí que antes de levantar una pared deben examinarse detenidamente las circunstancias en que se halla, pues si está en lo bajo de una pendiente acudirá naturalmente la humedad, lo mismo que si la pared está adosada por uno de sus paramentos á un desmonte ó á un terraplén. En estos casos habrá que aislarla por medio de un contramuro de piedra en seco cuya base deberá estar en pendiente hacia un punto más bajo para que escurra fácilmente la humedad que pueda recogerse en el fondo.

Las paredes expuestas al viento dominante durante las lluvias, padecen más que las otras, y más todavía si están al Norte, pues que por este lado no pueden recibir la acción del sol que las deseque y se procura remediar esta exposición empleando materiales no porosos y morteros hidráulicos en su construcción ó un revestimiento que la defienda.

Se ha querido atajar el paso á la humedad que procede del suelo (517) empleando morteros hidrófugos en la construcción de las paredes y también la pintura al óleo, pero estos medios no son más que paliativos perjudiciales, especialmente cuando se aplican al exterior, porque impiden la absorción de gases que contribuyan á secar la construcción y ayudan por el contrario á detener la humedad.

Se extiende también sobre el enrase de cimientos, y antes de hacer el replanteo de la pared, una capa aisladora de asfalto comprimido, de pizarra, de morteros hidráulicos ó de cementos, ó una argamasa de cuerpos grasos bituminosos ó resinosos tan fina como sea posible, cuando está bien seca la hilada inferior, para que penetre en las piedras y tape todos sus poros.

Da muy buen resultado aplicar un poco más arriba del suelo ó piso bajo láminas ó planchas de plomo solo ó de plomo y estaño, soldadas unas á otras que abracen toda la extensión de la pared. Puede sustituir al plomo el fieltro asfáltico extendiéndolo á lo largo del cimiento, cuya tela, como el plomo, se acomoda al asiento de la fábrica en razón á la flexibilidad que sus fibras le proporcionan. Estos medios, cuando la fábrica es de hormigón, tienen el inconveniente de la falta de trabazón y solidaridad del macizo superior con el inferior que

obliga á dar á éste mayor espesor, y se aconseja en este caso trabar la piedra partida con betún.

Otro medio que puede evitar la subida de la humedad, consiste en establecer sobre el cimiento una ó dos hiladas de ladrillos embetunadas anticipadamente (174).

De todos modos, deben elegirse las piedras menos higrométricas para la parte inferior de la pared y emplear, á ser posible, un zócalo de piedra densa y de grano compacto.

En paredes de entramado puede extenderse una capa de mezcla hidrófuga sobre el citarón ó zócalo antes de sentar la solera, ó tender una tira de plomo.

En general puede decirse que la humedad debe prevenirse y atacarse antes de que ataque los puntos en que ha de ser perjudicial y que el aislamiento y circulación del aire son los mejores medios de impedir á la humedad la comunicación con un cuerpo cualquiera.

La absorción del salitre ó nitro por los materiales no se verifica sin el contacto del aire, tanto que en una pared gruesa sólo sale el salitre por el lado que se halla expuesto al aire. De modo que cuando se trate de emplear materiales propensos á echar salitre debe prevenirse el constructor contra esta propiedad empleando una capa de pintura ó de encáustica sobre otra de cemento, verificándolo antes que el mortero se seque, pues si se deja pasar algún tiempo podría penetrar el aire por los poros del cemento y el salitre haría caer todas las pinturas imaginables.

745. DISPOSICIÓN DE LA BASE DE UNA PARED.—Para que el exceso ó zarpa que se da á los cimientos produzca el efecto que se desea, es preciso que las primeras hiladas traben bien con la obra superior y tengan la suficiente solidez para resistir el peso de la misma sin olvidar que cuanto más profundas se hallen mayor es el peso que tienen que aguantar.

En los casos comunes basta establecer una ó más hiladas de sillería formando zócalo, cuando la obra superior se construye, como por lo regular sucede, de material más inferior. Pero cuando la importancia de la construcción exige un escalonado en las primeras hiladas *(fig. 487)*, hay que evitar que las juntas se hallen en la vertical *ab* de la fábrica superior, excepto cuando los escalones se forman de varias hiladas de material: todas las piedras deben penetrar 10 centímetros cuando menos del lado de la fábrica dentro de la línea *ab*. De lo contrario, los retallos son inútiles ó se separan las piedras en el sentido indicado en la figura. Hay que calcular además el retallo de cada hilada según la carga que deba soportar, pues si se le da mucha salida puede suceder que el peso superior haga abrirse el escalonado como se ve en la *figura 488*. De aquí que cuando se trata de grandes masas de fábrica expuestas á grandes esfuerzos como en los estribos y pilas de los puentes se hagan los escalonados de muy poca salida ó se hacen inclinados ó en talud los paramentos.

Construyendo los zócalos con pequeños materiales y morteros comunes, pueden resultar movimientos en la fábrica superior porque dicho mortero es de fácil compresión y debe por lo tanto emplearse el hidráulico para que endureciendo antes de levantar la fábrica superior, pueda presentarse como una masa compacta y sólida en la que la magnitud, la forma y labra de los materiales importe poco.

Si los escalones se construyen de ladrillo no deben tener más salida que $^1/_4$ de su longitud, evitando además las juntas debajo de la fábrica superior, para lo que se colocan de tizón. Se exceptúa el caso en que el muro superior sólo tiene de espesor el largo del ladrillo. Haciéndose escalones de dos hiladas de ladrillo cada uno como el inferior que indica la *fig. 489*, se colocan de tizón los de la hilada superior *aa* y á soga los de la inferior *bb*, es decir, de manera que presenten á la vista la longitud.

746. DISPOSICIÓN DE LOS ENTRAMADOS DE MADERA Ó HIERRO. — Siendo el objeto principal de una construcción procurar que además de satisfacer al destino que ha de tener tenga dispuestos todos sus elementos de manera que contribuyan á la solidez general, en los edificios de madera ó de hierro puede observarse que todos los esfuerzos de presión y de tracción están generalmente soportados por su osamenta que es la que asegura la solidez, pues el relleno de los espacios que aquélla deja, no hacen otra cosa que añadir un peso perjudicial más bien que útil.

Cuando las paredes tienen de madera su armazón, el relleno por medio de tableros ó de tablazón, contribuye muy poco á la estabilidad general porque las alternativas de la temperatura y del estado higrométrico de la atmósfera exigen cierta holgura en las juntas ó ensambles que impiden la solidaridad entre estos revestimientos y la osamenta.

En el hierro puede, por el contrario, conseguirse que el relleno ó revestimiento de los espacios que dejan los postes y las carreras con las demás piezas horizontales ó inclinadas concurra á aumentar la resistencia y estabilidad general, lo cual puede conseguirse por medio del ajuste de las piezas y de la manera de hacer los ensamblajes. La construcción tipo, pues, de una pared de hierro, debe ser aquella donde todas las piezas que se empleen, por insignificantes que sean, contribuyan á aumentar con su resistencia propia la de la masa común.

Una prevención que conviene tener muy presente al disponer una obra de hierro es la de que haya el menor número posible de formas y de medidas para simplificar su construcción ó montaje. De aquí la ventaja que ofrecen las paredes metálicas descritas en los párrafos 733 á 735 donde todas las medidas son múltiples de 0m192, y este módulo es el que fija la separación de todos los taladros, las longitudes de los tableros y las dimensiones de las demás piezas.

Al combinar la osamenta metálica de una pared con el relleno de ladrillo, cuando todo ha de quedar aparente ó á la vista, se debe estudiar la unión ó trabazón de ambos materiales para que el agua de lluvia no pueda alojarse en ella, porque pronto oxidaría el metal y se produciría un aumento de volumen que haría estallar la tierra cocida.

747. ELECCIÓN DE MATERIALES SEGÚN SU DESTINO.—Es evidente que la parte que soporta el peso de obra debe ser más fuerte que ésta, y por lo tanto los materiales de mayor dureza y resistencia se deben colocar en las partes inferiores que son las que más presiones sufren, en los contrafuertes porque prestan su apoyo á la obra y en las esquinas por no estar tan amparadas como el resto de la pared, cuyas partes se prestan ayuda unas á otras. Si no hay material de calidad superior se da á estas partes mayor espesor que al resto de la pared.

En la elección de las clases de fábrica debe tenerse presente que la obra de sillería es la más sólida y duradera, pero también la más costosa por la labra y por el andamiaje y aparatos que exige su colocación; las de sillarejo, ladrillo y mampostería, aunque más económicas en mano de obra y medios auxiliares, y de más pronta ejecución no tienen ni con mucho la solidez que las de sillería. El hormigón proporciona obras baratas, sencillas y prontas para ejecutar, con una gran resistencia por su homogeneidad y cohesión, superior, según algunos, á la sillería. Las paredes con osamenta de madera son de conveniente aplicación cuando se trata de obras provisionales ó de rápida ejecución, y las de hierro cuando además de estas circunstancias hayan de resistir las contingencias de un incendio.

Las paredes exteriores resguardan de la intemperie al edificio y en ellas se deben emplear los materiales que sean peores conductores del calor para que no dejen paso á las variaciones atmosféricas y que no absorban la humedad, para que ésta no penetre al interior. Aquí es oportuno hacer notar que las paredes no son completamente impenetrables al aire. Experimentos hechos durante la Exposición de París en 1878 lo demostraron, pues soplando por medio de un tubo en el paramento de un muro de fábrica bien trabada con cemento, cuyo espesor era de 0m10, se observó que por otro tubo colocado en el paramento opuesto salían burbujas de aire perfectamente perceptibles dentro de un recipiente de agua.

748. APLOMO DE VANOS Y MACIZOS.—En las paredes necesitan estar á plomo unas partes sobre otras de modo que se apeen recíprocamente; los materiales han de estar ligados y tocándose en el mayor número posible de puntos, y los que obran sobre otros lo han de hacer de manera que no puedan desgarrarlos, romperlos ni aplastarlos ó hacerlos astillas. Así que de ningún modo deben cargar macizos sobre vanos, y cuando esto sea necesario se establecen sobrearcos que ayuden al arco inferior ó le alivien del peso superior, y más si este es muy rebajado ó está formado por un dintel de piedra, de madera ó de hierro *(figura 385)*, pues el de piedra podría partirse (685) y los de madera ó hierro doblarse cuando menos.

749. CONVENIENCIA DE LLEVAR TODAS LAS PAREDES POR IGUAL.—En una pared donde las hiladas se componen de materiales de igual resistencia y magnitud dispuestos uniformemente, y por lo tanto, con la misma cantidad de mortero en todos sus puntos, la compresión de éste, ó sea el asiento, no variará de unos á otros; pero si se emplean distintos materiales ó de diferente tamaño, exigirán cantidades desiguales de mezcla, y en unos puntos habrá más compresión que en otros, traduciéndose este desigual asiento por la desunión de estas partes, es decir, por grietas. También si el mortero es hidráulico en unas

partes y en otras no, como el fraguado de aquél es más rápido, hará su asiento cuando el mortero común esté todavía blando y en disposición de comprimirse, resultando las diferencias de nivel ó la desunión, según sea la disposición en que se encuentren estas obras. Si la clase de fábrica es diferente, será tanto mayor la desigualdad de asientos cuanto mayor sea el volumen de mortero y su clase en cada obra; de manera que es muy importante tener presente el mortero que exigen para disponer la marcha de los trabajos, con objeto de que no haya desigualdad de asientos y que la carga se reparta sobre todos los puntos de una construcción.

De aquí se deduce que las paredes de una misma clase de fábrica se deben elevar por igual, y si son de diferente clase conviene levantar primero las partes que tengan más cantidad de mortero, á no ser que sea hidráulico. Cuando haya de seguirse levantando una pared en cuya construcción inferior haya trozos recien hechos, conviene dejar éstos algún tiempo sin cargar para que hagan su asiento; de lo contrario no solamente se produce una grieta en la unión de la fábrica antigua con la reciente, sino que la construcción superior se resiente aun que se lleve por igual, pues que tiene más asiento sobre la parte nueva que sobre la vieja por reunirse en aquélla el de la inferior, que todavía no estaba hecho, con el superior, lo que no sucede sobre la parte antigua.

750. TRABAZÓN Y ATIRANTADO DE PAREDES.—Entre las distintas paredes de un edificio se establece la mayor trabazón posible con objeto de que unas á otras se presten ayuda y resistencia contra las vibraciones producidas por movimientos extraños que las desunen y desnivelan. Especialmente cuando son delgadas, es esta una condición muy importante para su estabilidad. Los tabiques y paredes de media asta si no están encajonados entre otras paredes, ceden al menor impulso mientras se construyen, así como una hoja de papel no es posible mantenerla verticalmente sobre su canto si no se le da cierta curvatura y se sostiene perfectamente cuando se hace con ella un cilindro.

Cuando se trata de unir una obra nueva con otra antigua, deben trabarse bien una con otra para evitar que se produzca la grieta, abriendo adarajas ó dientes en la antigua y ejecutando la nueva todo lo más á hueso ó sin mortero que sea posible, suspendiendo de cuando en cuando la obra para que vaya poco á poco haciendo su asiento y que no resulte todo él al final, en cuyo caso siendo considerable con relación al ninguno que hace la obra antigua, tendría que significarse por una desunión ó grieta.

La trabazón de los materiales no es bastante muchas veces y se establecen encadenamientos de hierro que enlazan unas paredes con otras y las partes de una pared con las inmediatas.

751. Los encadenamientos se hacen con barras planas de 7 á 16 milímetros de grueso por 40 á 70 de anchura tendidas en el centro de las paredes al enrasar cada piso, cuyas barras están atravesadas de trecho en trecho por otras cuadradas verticales llamadas *llaves*, á las que se dan 25 á 50 milímetros de grueso y de 50 centímetros á un metro de longitud, quedando unas y otras barras empotradas en la fábrica. Se les da también la forma de gancho como indica la *fig. 490.*

En las esquinas ó ángulos de paredes construidas de mampostería ó ladrillo, las cadenas *ac*, *de* *(fig. 491)* se enlazan y sus extremos se retuercen para ser atravesados por las llaves que se colocan verticalmente. Si las paredes son de sillería, basta que los extremos de las cadenas tengan un ojo donde entre una sola llave *(fig. 492)*.

Las cadenas de mucha longitud se empalman á diente *(figs. 92 á 95)*, cuidando que queden bien tirantes.

El encuentro de la extremidad de una pared con otra, de una medianería con la fachada, por ejemplo, se encadena empotrando en la primera una barra de hierro plano, cuyo extremo se dobla y abre en forma de cola de pescado, según se indica en *s* *(fig. 493)*. El otro extremo de la barra se retuerce y se atraviesa por una llave *A* que se empotra en la otra pared ó fachada. Cuando después de empotrada la barra por el extremo que termina en cola de pescado conviene atirantarla, se introducen cuñas á fuerza de martillo en el ojo donde entra la llave, según demuestra la *fig. 494*, consiguiéndose dar la tensión que se quiera á la barra *bb*.

752. Los cuerpos de edificio que se enlazan por medio de paredes de cerramiento ó de medianería de más ó menos altura, se encadenan unos con otros valiéndose de las paredes, y en ciertos casos hasta conviene ó es necesario establecer estas cadenas á determinadas alturas. Las alas del edificio que se trata de enlazar tendrán la tendencia á unirse ó á separarse, y los encadenamientos variarán por lo

tanto según sea una ú otra. Por consecuencia del asiento de las paredes, un ala se inclinará hacia un lado ó hacia otro: si se inclina del lado del ala, á la cual se une, comprimirá la cadena, y si se inclina hacia fuera, la estirará.

En caso de que la cadena haya de estar expuesta á la compresión, la cadena mejor será una pared ó un arco de fábrica, y en su defecto hierros de T doble, de cruz ú otra sección resistente á la compresión. Si la cadena ha de ser estirada, el hierro dulce redondo será el que mejor una los dos cuerpos de edificio. Si se emplean dos hierros, sea para uno ú otro objeto, se enlazan por medio de abrazaderas para hacerlos solidarios y que trabajen ambos por igual.

Las cadenas se colocan en el momento que las paredes llegan á la altura designada para ellas y se embeben en la fábrica. Las que atirantan se disponen por lo regular en la coronación de la pared cubriéndolas con un caballete de simple ó doble vertiente.

ARTÍCULO XII

Ornamento y revestido de paredes.

753. ESCULTURA.—La escultura, que es el arte de representar bajo una forma palpable una figura ó un ornamento cualquiera, da unas veces al constructor hechos ya los adornos ú objetos que ha de aplicar ó fijar en las obras y otras espera á que el material de que se han de formar esté sólidamente asegurado en la construcción, lo que sucede casi siempre cuando las figuras se han de esculpir en piedra y no pueden exponerse á los desperfectos casi inevitables que produciría el roce de otros materiales ó la caida de algunos durante la construcción.

En este último caso, el constructor, al hacer la montea de la obra, fija la figura grosera y con creces que corresponde á cada piedra, y el cantero las proporciona desbastadas groseramente por la cara ó caras que han de ser esculpidas, y labradas por los lechos y juntas para su asiento en obra.

754. ORNAMENTO DE PAREDES.— Los adornos fabricados fuera de la obra, que después se adhieren ó sujetan en los paramentos de las paredes ó techos, se hacen de barro, de yeso ó de otras mezclas y también de metales estampados.

Los árabes, que tantos monumentos nos han dejado en España, adherían las adornos de yeso ó de estuco á las paredes y techos, para hacer sus *ataurriques*, por medio de clavos y ganchos, por juncos y tomiza, enlazando perfectamente la decoración con la construcción. Hoy se acostumbra á asegurarlos con mortero de yeso, procurando que la superficie donde haya de fijarse presente asperezas para que en ellas agarre la mezcla. Si la fábrica de la pared está hecha con mortero de cal, necesita de clavos que retengan al yeso, pues que éste se adhiere mal con aquella mezcla. Es mejor en este caso guarnecer el paramento con una mezcla de cal y arena á la que se agregue la mitad de yeso en el momento de irla á tender.

Para colocar los adornos de staf se mojan éstos ligeramente y se aplican al paramento con clavos galvanizados ó bien se mete un clavo en el sitio donde ha de estar el adorno y se sujeta por medio de un alambre que antes se ha envuelto en cáñamo empapado en yeso claro, fijándose después con clavos. Este medio, que consiste en ligar la armadura del staf al clavo, sólo se practica cuando en el interior del perfil puede entrar la mano. Los empalmes y uniones de las diferentes piezas de un adorno, se cierran con yeso y una vez todo bien seco, se raspa y alisa la unión.

También el cartón piedra se fija con clavos galvanizados, y las uniones se hacen con una pasta de la misma naturaleza cuando se colocan en el interior de los edificios ó á cubierto y con un mastic compuesto de albayalde, creta fina y aceite de linaza en caso de emplearse á la intemperie.

Las planchas de metal, especialmente de cinc, moldeadas y estampadas, son muy aplicadas en el decorado exterior é interior de los edificios, porque se les da la apariencia de piedra, madera ó hierro, con relieves y gran finura de aristas y con grandes salientes si se quiere, teniendo la ventaja de su poco peso, y por lo tanto de una gran economía. Se ofrecen al constructor las cornisas más atrevidas, las ménsulas de mayores vuelos y toda clase de molduras, adornos y detalles de arquitectura, presentando resuelto el problema de las contracciones y dilataciones debidas á las diferencias de temperatura, pues dejan al metal su libre dilatación con su engrapado para sujetarlo suficientemente y evitar las soldaduras evitando que se agrietee ó abolle. Estos decorados, si están á la intemperie, se pintan con el silicato ó con la pintura al esmalte, ó simplemente con una preparación

de blanco de cinc que permite limpiarlas con facilidad.

755. MOLDURAS Y CORNISAS.—Las que se hacen de sillería se labran por los canteros según se indicó al tratar de la labra (64) teniendo cuidado de que en su perfil haya un goterón (595) si la moldura ó cornisa ha de estar expuesta á la intemperie.

En caso de hacerse las molduras ó cornisas con el ladrillo aparente, es decir, sin cubrir, queda solo recorrerlas y tomar las juntas completando así el perfilado de estas obras salientes.

Si las molduras ó cuerpos volados hechos de mampostería ó ladrillo han de ser cubiertos con una capa de mezcla y está hecho el boceto de las molduras como se explicó al tratar de los muros (632), se enlucen y perfilan definitivamente con mezcla fina de cal y arena, con yeso ó con cemento, á lo cual se llama *corrido* de molduras.

Para practicar esta operación cuando las molduras son rectas, se emplea una *tarraja* que es una tabla ó chapa de metal *acd (fig. 495)* cortada en arista viva *cd* con arreglo al perfil de la moldura y sujeta por medio de un corte y de dos palomillas *ns* á una zapata *zt* con la cual resbala á lo largo de una regla *rr* bien cepillada y fijada por debajo del perfil de la moldura. Por la parte superior corre también contra otra regla *bb* llamada batalla, que termina la moldura por la parte superior. Preparada de este modo la tarraja, se aplican sucesivamente al boceto, con la paleta ó con la mano, capas de mezcla suelta, haciendo correr la tarraja de modo que el chaflan de la arista esté del lado opuesto al movimiento para que arrastre la mezcla sobrante y señale los puntos en que haya faltas. Recorriendo así varias veces la tarraja sobre las capas de mezcla, se consigue obtener una moldura tan perfectamente lisa como se quiera. Si la moldura se desarrolla en arco de círculo, la tarraja se une al extremo de un listón móvil clavado por la otra punta al centro del arco, alrededor del cual gira como un rádio.

756. REVESTIMIENTO DE PAREDES.—Tienen por objeto preservar los materiales de las acciones atmosféricas ó contribuir á la limpieza ú ornato de las fábricas. No dan á éstas mayor fuerza y sólo las conservan, por lo que en obras de gran importancia ó resistencia construidas de sillería, no debe ocultarse ésta sino presentarse con su robustez. Del mismo modo, cuando la construcción deba presentarse con toda su solidez, deben aparecer los materiales de que está formada.

Los revestimientos de paredes son de dos clases: aquellos en que entran las mezclas de cal ó yeso como principal elemento, y los formados de losas, baldosas, madera ó metal. Entre los primeros están el *rocallaje*, el *revoco tirolés* y los *revoques*, que pueden estar *enlucidos*, *estucados* ó *escayolados*. Entre los segundos se encuentran los *alicatados*, el *chapeado de losas*, los *arrimadillos de madera*, los *revestimientos de planchas metálicas*, los *de tejido*, y el *empapelado* y *tapizado*.

757. ROCALLAJES.—Son revoques hechos de mezcla y rocalla ó ripio incrustado en ella, pudiendo ser *ordinarios* y *de ornamentación*.

El rocallaje *ordinario* se emplea cuando se quiere dar á una obra de mampostería un aspecto rústico. Para ello se dejan los mampuestos en bruto picados groseramente y se guarnecen con ripio y mortero las juntas y las mayores irregularidades de la piedra. Además de esta preparación, se puede hacer el rocallaje de dos maneras.

La primera, que debe preferirse tanto por su mejor aspecto como por su mayor solidez, consiste en colocar el ripio ó rocalla á medida que se ejecuta la fábrica con el mismo mortero empleado para ésta. Cuando los mampuestos son regulares, se guarnecen las juntas con ripio y cuando son irregulares se hace con rocalla.

El segundo modo consiste en raspar el mortero de las juntas cuando ya está terminada la obra para reemplazarlo por otro en el que se incrusten las rocallas. El resultado depende de la profundidad á que se haga el raspado y del esmero con que se limpien antes de aplicar el mortero.

El rocallaje de *ornamentación* se forma con una mezcla de mariscos y pequeños fragmentos de piedra y de escorias de hierro de 3 á 4 centímetros de lado que se incrustan sobre una capa de mortero de cemento ó de yeso, al que se ha dado color. Algunas veces se calcina el ripio para darle un color más vivo. Estos revestidos, limitados por fajas de sillería, de ladrillo ó de otra manera análoga formando rombos, círculos, etc., convenientemente dispuestos, presentan ornamentaciones del mejor aspecto.

Se hace también el rocallaje para preparar los paramentos á recibir una capa fina de mortero, que es el enlucido de que se hablará. Con este sistema se llenan las grandes juntas que hay en la mampos-

tería y se facilita la adherencia del enlucido aunque sea sobre antiguos paramentos y sobre los que, aunque nuevos, no ofrezcan asperezas.

Para que un rocallaje se halle bien hecho, es preciso limpiar bien los fragmentos de piedra y no cubrir las caras aparentes, incrustando bien los fragmentos en el sentido de su longitud y no de plano. Si no se hace así, los primeros hielos destruyen el rocallaje si es aparente, y si está cubierto, se desprende la capa ó enlucido, llevándose tras sí los fragmentos mal incrustados.

758. REVOCO TIROLÉS.— Es un revestimiento de superficie áspera y rugosa, como cuajada de granos. Para formarlo, se emplea el yeso en grano que queda después del tamizado ó una mezcla de cal y arena en que ésta tiene los granos muy gruesos.

Empleando mezclas de cal y arena, se arrojan paletadas con fuerza de abajo arriba contra la pared para que se adhieran, igualándolas con el canto de la paleta para quitar lo más saliente. Se debe tener cuidado de no arrojar muchas paletadas unas sobre otras, pues se desprenderían y sería después difícil la adherencia de otras pelladas en los sitios que las anteriores hubieran ya cubierto.

Si se quiere un revoco más fino hecho con yeso, se prepara la pared haciendo el jaharro, de que luego se hablará, y cuando todavía está éste blando, se tiende el mortero por medio de una escobilla de palma ó esparto. Antes de cuajar esta mano de yeso se puede pasar una escobilla dura y corta en direcciones cruzadas.

Se da á estos revocos un matiz plomizo muy propio para fábricas ó establecimientos de cierta clase, agregando á la mezcla un poco de humo de pez ó negro de humo. Se les da otro color empleando ocres, encajándolos generalmente entre bandas ó fajas de otros revocos más finos de que vamos á tratar.

759. REVOQUES. — En los muros de mampostería, de hormigón ó de tapial y aún de ladrillo, cuando éste no está bien perfilado, rara vez se dejan aparentes los materiales ó al descubierto y esto solo en los paramentos exteriores, pues en el interior de un edificio siempre se cubren con una capa de mezcla para que presenten una superficie tersa donde no se aloje el polvo y sea fácil la pintura ú ornamentación. En el exterior es preciso recubrir el paramento de la pared con esta capa preservatriz cuando los materiales de que aquélla se compone son atacables por los agentes atmosféricos como la madera de los entramados, haciéndolo como se indica en *cc (fig. 436)*. Sin embargo, cuando los entramados han de contribuir al decorado se queda la madera al descubierto según se ve en *aa*, pudiendo además dejar salientes sus caras.

Los revoques son capas de mezcla más ó menos alisadas con que se cubren las paredes y se hacen de una vez, es decir, á una mano, ó en dos veces ó más; en este caso, la primera capa—llamada *jaharro* cuando es de yeso — se deja áspera para recibir la segunda que es fina y se llama *enlucido,* el cual puede ser *estucado* ó *escayolado*.

Para hacer el revoco de una fábrica que esté sucia, se empieza por limpiar el paramento frotándolo en seco con escoba dura y lavándolo luego con agua y brocha ó escoba hasta que quede limpio de polvo, el cual disminuiría la adherencia de la mezcla. Se limpian bien los paramentos cuando hay posibilidad de arrojar agua con una bomba impelente, pues de este modo se saca y arrastra el polvo ó las materias terrosas y las partículas de mortero y de piedra.

Si la pared es vieja y tiene revoque, sea de cal ó de yeso, debe hacérsele desaparecer ó cuando menos picarlo bien para que presente asperezas donde pueda agarrar la mezcla del nuevo revoco. Se riega luego con abundancia para que el agua arrastre el polvo.

Cuando el revoque se ha de hacer con mortero hidráulico y se ha de aplicar sobre una fábrica recientemente hecha, si los paramentos son bastante toscos para presentar asperezas suficientes á retener la mezcla, se empieza por raspar ligeramente las juntas cuando el mortero es de cal y muy profundamente cuando es de cemento, á fin de que puedan ser acuñadas con rocalla ó ripio, sobre todo si la fábrica es de mampostería.

Si se trata, por el contrario, de una construcción antigua, cuyos paramentos están demasiado unidos y cubiertos de materias dañosas á la adherencia del mortero y además fabricada con yeso ó mezcla de tierra, hay que raspar las juntas profundamente y proporcionar asperezas al paramento por medio del pico.

760. Preparada la pared para recibir el revoque, se procede á arrojar contra ella y de abajo arriba, paletadas de mezcla ó pelladas de yeso que se extienden al mismo tiempo con la paleta, alisándose si se emplea yeso y dejándola igualada solamen-

te cuando se hace con mezcla de cal, en cuyo caso se alisa al día siguiente ó cuando ha tomado ya algún cuerpo. Este revoque es, como se ve, hecho á una mano y queda algo desigual por mucha que sea la habilidad del albañil.

Si se desea una superficie más plana, una vez arrojada la mezcla y antes que tome cuerpo se pasa rozando por encima un reglón que demuestra donde hay huecos ó faltas de mezcla la cual se echa inmediatamente, volviéndose á pasar el reglón, y así se continúa hasta que resulte una superficie igual que se alisa como se ha dicho.

Cuando el paramento ha de presentar un plano de ejecución esmerada, se forman antes con mezcla unas cintas ó líneas verticales llamadas *maestras* que fijen el plano que se ha de hacer y por lo tanto que sirvan de guía para el revestimiento. Para ello se fija una cuerda tirante horizontal en el pie de la pared y separada de ésta lo que haya de tener de grueso el revoque: se tiran pelladas en la pared á lo largo del cordel y de medio en medio metro de distancia y se igualan con la cuerda de manera que enrasen con ella formando así unos *puntos tientos*. Retirada la cuerda y secos estos puntos se fijan otros tantos á cierta altura valiéndose de la plomada, de modo que se correspondan verticalmente unos con otros; y cuando todos están secos se colocan reglones entre cada dos puntos verticales y se introduce mezcla detrás de ellos contra la pared para que ocupe el hueco entre ella y los reglones, los cuales se mueven cuando empieza á tomar cuerpo el mortero á fin de que éste no se les pegue, resultando así unas fajas de mezcla que son las maestras, llamándose maestrear á la operación. Si el mortero es de cal se emplea en algunas partes, en vez de reglón, una cuerda para que no se adhiera la mezcla. En las esquinas, se pone un reglón vertical y se iguala la mezcla del lado de la arista con una regla que se pasa por el canto del reglón.

Cuando están endurecidas las maestras se arrojan paletadas de mortero en el espacio comprendido entre cada dos, haciéndose luego resbalar á lo largo de ellas una regla, con el objeto de quitar la mezcla que sobresalga del plano, cuyas directrices son las maestras y que se indiquen los puntos fallos á los que habrá que arrojar más mortero. Esta operación, llamada *jaharro* cuando se hace con yeso, produce una superficie igual y áspera, perfectamente plana y apta para recibir otra capa más fina ó sea el enlucido. En obras donde no se exije ést[a] y el revoque anterior ha de quedar aparente y a[l] aire libre, se frota antes de que se seque con un[a] tablilla provista de un mango llamado *talocha (figura 496)* ayudando su acción con un rociado constante de agua: si el revoque se hace en el interior del edificio, se alisa con la *llana ó trulla (figura 497)* aplicada de plano y se aprieta después con l[a] paleta hasta sacar brillo si se quiere.

Cuando ha de quedar áspero el revoque, es decir, para recibir un enlucido, se emplea arena gruesa ó yeso de grano gordo pasado simplemente po[r] zaranda. El mortero de cal y arena debe ser alg[o] graso, esto es, que la proporción de cal ha de se[r] algo mayor que la ordinaria empleada en fabrica[r] la pared.

Tanto cuando se emplee yeso como cuando l[a] mezcla sea hidráulica, es necesario tener present[e] su pronto fraguado para hacer el amasado en cortas cantidades y arrojarlas inmediatamente sobr[e] el paramento.

En todos casos, se cuida de no echar mucha[s] paletadas ó pelladas unas sobre otras, debiendo, a[l] contrario, arrojarse separadas y no volver á echa[r] mortero sobre las primeras ó junto á ellas hasta qu[e] éstas hayan adquirido cierto grado de consistencia.

761. ENLUCIDO DE CAL COMÚN.—So[n] los enlucidos unas capas delgadas y bien alisada[s] hechas de mezcla fina. La de cal se compone d[e] esta sustancia perfectamente apagada y pasada po[r] tamiz, mezclada con abundante arena fina y bie[n] lavada á fin de que no se agrietee cuando fragüe.

Una vez preparado el paramento con el revoqu[e] áspero se humedece éste y se tiende una capa delgada de mortero que se iguala con la llana ó *trulla*, que es la misma herramienta con que se hace el tendido, hasta que se ha conseguido cierta dureza, llevando el movimiento de la herramienta la dirección hacia la parte anteriormente tendida. Después se alisa ligeramente la superficie con la paleta á fin de unir el enlucido todo lo más posible. Finalmente se hacen desaparecer las rebabas y los golpes de paleta, pasando por la superficie un pincel ó paño ligeramente mojado. De este modo se obtienen enlucidos unidos y brillantes.

Conviene tener preparada la mezcla de cal para los enlucidos con mucha anticipación (de 5 á 6 meses), pues de emplear la cal recientemente apagada quedan algunos grumos y éstos al cabo de algún tiempo se apagan ó deshacen resultando los caliches

ó costras de cal que se desprenden del enlucido, afeándolos extraordinariamente y estropeando las pinturas ó empapelados que van sobre ellos. En Badajoz, donde la cal es algo hidráulica y se hace el apagado por aspersión, se ven saltar los caliches después de pasados algunos años.

Para evitar que se agrieteen los enlucidos, se hacen en algunas partes con cal grasa líquida á la que se agrega un kilogramo de pelo blanco de vaca ó cabra por metro cúbico de cal en pasta, y aun se le añade muchas veces arcilla plástica ó greda blanca, resultando un enlucido análogo al de borra, de que se hablará al tratar de los cielos rasos.

Como preparación sobre enlucidos antiguos, da buen resultado en ciertos casos picarlos ligeramente y arrojar contra ellos y con gran fuerza lechada de mortero, la cual, una vez seca, presenta sus granos de arena fuertemente adheridos al paramento sirviendo de unión entre el viejo y el nuevo enlucido.

762. ENLUCIDO BRUÑIDO DE COLOR. —Se consigue dar color permanente al enlucido y que resista al lavado, de la manera siguiente: tendido el enlucido de cal y arena, se da una mano de pintura hecha con ocres ó colores terrosos diluidos en agua, y cuando está oreado se bruñe con la paleta humedeciéndolo al mismo tiempo y dejándolo luego secar. Se da luego otra mano de bruñido en seco sin el empleo de agua con objeto de requemar el enlucido y finalmente se espolvorea con una muñeca de jaboncillo de sastre sacándole luego el brillo á fuerza de frote.

763. ENLUCIDO PARA PINTAR AL FRESCO.—Cuando el enlucido ha de recibir una pintura al fresco, hay que seguir un procedimiento especial.

La arena para el mortero ha de ser limpia y fina, como la de río, que así como la cal, ha de pasarse por cedazo de cerda. Hecha la mezcla de la cal y la arena, se pone en una vasija con agua donde se remueve bien, dejándola luego reposar para quitarle en los días siguientes la película de cal que se forma en la superficie del agua, la cual es bueno renovar. Se batirá y dejará reposar varias veces durante cuatro ó seis meses, sin dejar que se seque la masa y se conseguirá de este modo una pasta tan suave y dulce como la manteca.

Para tender esta mezcla se raspa la pared y se baña con agua dos ó tres veces si tuviere un revoque liso y antiguo, y si éste fuere de yeso habrá que hacerle un jaharrado y esperar á que quede libre de humedad y esté bien seco. Preparada así la pared, el pintor fijará con un día de anticipación el trozo que ha de pintar el cual se bañará bien con agua y lo mismo cuando se vaya á tender la mezcla. Ésta se aplica con toda limpieza y esmero dándole un milímetro próximamente de grueso y bruñéndola luego con una llana para darle más firmeza. La capa blanquecina que salga del bruñido se quitará con una muñeca de trapo bien mojada, con la que se borrarán ó limpiarán los rastros que deje la llana. Mientras dure la operación de pintar habrá que rociar constantemente las extremidades del enlucido para que se unan bien al siguiente.

764. ENLUCIDOS DE CAL HIDRÁULICA. —Para los enlucidos de cal hidráulica, generalmente no se prepara el paramento y se hace el revoco á una mano ó capa que se iguala á medida que se extiende, no alisando con lo plano de la llana, si no levantando el mortero con el canto para regularizar el espesor. El mortero que de este modo se recoge en la herramienta, se arroja sucesivamente sobre la parte blanda del enlucido hasta que esta parte no pueda desprenderse y esté bien unida é igualada.

Las juntas de unión y las soldaduras de las partes de enlucidos formadas por los diferentes amasijos (pues sabido es que deben hacerse en cortas cantidades), deben ser hechas con cuidado cuando se extienda el mortero. Las juntas deben cortarse en bisel muy alargado, dándoles asperezas con el canto de la llana antes de fraguado el mortero, á fin de aumentar la superficie de unión y facilitar la adherencia. Antes de aplicar nuevo mortero sobre estas juntas, se las debe mojar ligeramente y cuidar de cubrirlas con el primer amasijo á fin de que el mortero fresco penetre bien en todas las pequeñas cavidades, se adhiera fuertemente y produzca buena unión. Para los enlucidos de paramentos verticales, las juntas de unión deben ser sensiblemente inclinadas al horizonte en el sentido de su longitud.

Una precaución que importa tomar sobre todo, consiste en mantener constantemente húmeda la superficie sobre la que se aplica el mortero de cemento. Si el enlucido se hace sobre viejas fábricas, no solamente es necesario lavar y mojar el paramento cuando se aplique el enlucido, sino que también es preciso que las fábricas estén perfectamente embebidas en agua. Esto es de la mayor importancia cuando el enlucido ha de estar expuesto á un

sol ardiente. En este caso, el mortero compuesto de tres partes de arena y dos de cemento, da excelentes resultados.

En los enlucidos de cemento se manifiestan unas grietas muy finas si se hace un excesivo alisamiento con la paleta para conseguir una superficie plana é igual ó si se compone de dos capas, una grosera debajo y otra fina encima, las cuales no se contraen y dilatan en el mismo grado. Puede evitarse el defecto extendiendo la última antes de que fragüe la anterior, la cual debe humedecerse bien para asegurar la adhesión entre ambas.

De todos modos, á medida que se ejecuta un enlucido hidráulico, el oficial debe tener cuidado de mojarlo; y si el tiempo es seco y puede repetirse esta operación durante muchos días después de terminado, la obra resultará mejor cada vez, la desecación del mortero se hará más lentamente y se evitarán las grietas que se abren algunas veces.

765. CHAPAS Ó REVESTIMIENTOS IMPERMEABLES.— Á pesar de que la extensión que se ha dado á la fabricación de cales hidráulicas y cementos ha reducido considerablemente el empleo de mezclas hidrófugas, vamos á explicar la composición de algunas por la conveniencia que puede tener su aplicación en ciertos casos.

Cuando sólo se quiere preservar las paredes de la absorción de la humedad atmosférica, la pintura al óleo da buenos resultados y mejor si se mezcla el aceite de linaza al mortero.

En Holylhead se ha observado que ningún medio defiende mejor las fábricas de la acción del mar como las capas de pintura al óleo mezcladas con arena fina y limaduras de plomo.

En algunas ocasiones puede hacerse impermeable una pared cubriéndola con una *chapa* ó capa de arcilla ó greda bien batida, en cuya ejecución se debe tener mucho cuidado y cerrar las grietas ó hiendas que se abren según se va secando, aplicando la paleta con fuerza contra los bordes para unirlos y evitar que salga la humedad por entre ellos.

En el revestimiento de paredes que se quieren hacer impermeables, pueden adoptarse las mezclas hidráulicas (203 y 204), y además las siguientes:

Mezclas de cal recién hecha polvo, arena de río y detritus de piedra por partes iguales.

El mastic de *Vauban*, compuesto de cinco á seis partes de cal apagada con aceite de linaza y de dos de teja pasado por tamiz. Esta mezcla se bate bien durante medio día, se deja luego reposar una noche, y al día siguiente, en el momento de usarla, hay que batirla durante media hora. Se la tiende por capas de 3 á 4 milímetros que se dejan secar durante tres ó cuatro días antes de cubrirlas con otra capa.

El mastic *ferruginoso*, compuesto de una parte de cal viva medida en polvo y apagada en sangre de buey con dos partes de teja ó ladrillo molido y una pequeña parte de limaduras de hierro. Esta mezcla debe batirse para que forme una pasta suave y perfectamente homogénea.

Á dos espuertas de cal apagada en polvo se agrega una de limaduras de hierro y medio kilogramo de alumbre de roca disuelto en agua puesta al fuego. Se aplica sobre un encascotado de ladrillo nuevo y buen mortero común cuando está bien seco. Se cierran con cuidado las grietas que se abren en el enlucido hasta dejar éste terso. En este estado se va secando con un trapo seco ó esponja y varias veces al día la humedad que despida el enlucido hasta dejarlo seco. Entonces se hace un segundo enlucido con cemento, mortero fino y aun yeso bueno.

Un revestimiento impermeable se recomienda por su poco coste, y es el siguiente: se hace una mezcla de 15 partes en volumen de cal viva, 5 de arena limpia y 80 de ceniza de lignito pasada por tamiz ó de cenizas de carbón y de turba ó de leña: primero se apaga la cal y después se añade á la mezcla la cantidad de agua suficiente para que se haga plástica sin dejar de ser consistente. Inmediatamente se tiende y se comprime bien con la paleta, y cuando está bien seca esta capa, se le recubre de una mano de alquitrán ó de pintura al óleo.

Se obtiene una mezcla hidrófuga haciendo hervir en un caldero de hierro, durante 20 minutos, 125 gramos de grasa con 400 de alquitrán, á lo que se agrega un kilogramo de cal apagada bien seca y tamizada; se remueve bien con una espátula de hierro, y cuando está bien hecha la mezcla, se agregan 300 gramos de vidrio molido y tamizado formando una masa espesa. Se aplica por capas de 30 centímetros de anchura y de 2 á 3 de espesor.

Una parte de cera fundida en tres partes de aceite de linaza cocida con un décimo de litargirio ó, más económicamente, de dos á tres partes de resina fundida á un dulce calor en una parte de aceite de linaza con un décimo de litargirio, forman un enlucido hidrófugo que se ha empleado en paredes salitrosas.

Se han inventado, además, varios revocos, y entre ellos están los siguientes:

El enlucido Ruoltz formado de óxidos metálicos, de sílice, de arcilla, de carbón y de carbonato de cinc: se extiende con pincel ó con la llana.

El enlucido parafinado, se compone: 1.°, de hidrocarburo combinado con las bencinas y los éteres en dosis razonadas y enriquecido de parafina; 2.°, de blanco de cinc molido con aceite, que sirve para cubrir y dar más consistencia á las pinturas, y 3.°, del color exigido por el tono que se quiere obtener. Se emplea en caliente.

El enlucido Fulgens, á base de guttapercha, tiene la ventaja de emplearse en frío como la pintura al temple.

El enlucido Candelot ó cimento porcelana antinitroso es muy empleado y se encuentra ya preparado en latas de 5 á 50 kilogramos.

Se aconseja una pasta de madera con la que se hace papel hidrófugo para preservar una habitación de la humedad. Se coloca en las paredes y se cubre con papel ordinario ó de tapicería para decorarlo, haciéndolo del lujo que se quiera.

766. ESTUCADOS.—Los enlucidos de estuco se hacen con el objeto de imitar la belleza de los mármoles y jaspes.

Para preparar la mezcla, se toma como modelo un mármol ó jaspe natural y en él se estudian su colorido, sus aguas, vetas, almendrados ó granitos y se compone la mezcla con tres partes de cal común pura, bien blanca y bien apagada y dos partes de polvos de mármol, alabastro yesoso ó arena, pasados por un tamiz fino, á lo que se agregan los colores minerales convenientes.

La cal común se elige trozo por trozo para apartar los poco ó demasiado cocidos y se extingue por inmersión, moliéndola después sobre una piedra pulimentada. Se apaga también en tinajas con agua clara, batiéndola bien con un palo y dejándola reposar unos días, durante los cuales se debe sacar tres ó más veces la película que se forma en la superficie. Á los cuatro ó seis meses se puede mezclar por partes iguales con los otros ingredientes, revolviendo la mezcla hasta que sea perfecta, en cuyo caso se la puede amasar con agua para su empleo.

Los colores pueden mezclarse al hacer la masa del estuco y se emplea para ello el vitriolo molido con espíritu de vino cuando se quiere obtener color amarillo, ocre y almagre para el anaranjado, albín ó almazarrón si ha de ser rojo, carmín y añil para el morado, añil con la ancorca ó el oropimente si se desea verde oscuro ó claro y las escorias si negro.

767. Para tender la masa se hace preciso que el revoque que la ha de recibir esté bien seco y se extienda sobre él una capa de mezcla fina como el enlucido ordinario, aunque cuidando de no alisarlo para que se adhiera á él el estuco. Después de seca esta capa, se toma la masa del estuco y se aplica á la pared con una espátula, cuidando de mojar antes el paramento hasta que no absorba más agua. Se frota luego el estuco extendido y antes de secarse, con una talocha de madera fina *(fig. 496)*, que toma el nombre de *frata*. Se da con jabón de sastre ó agua de legía espesa y luego se le saca brillo con una muñeca de trapo. Después se dan los colores con brocha ó esponja y se saca el lustre ó brillo humedeciendo el estuco con una brocha mojada en agua y volviendo á pasarle la frata. Para un pulimento fino, se frota con paños mojados no muy finos, con bruñidores de acero, con piedra pómez, de Moncayo, ó con una muñeca llena de polvos de Trípoli y aun con la yema del dedo en sitios cargados de molduras. Éstas se estucan también dando varias manos de lechada con una brocha y bruñéndolas luego que tengan el espesor suficiente. Por último, se frota el enlucido con un fieltro empapado en aceite y polvos de Trípoli ó con un trapo mojado en agua de jabón y se le seca con planchas calientes.

Para imitar bien los jaspes se hace la masa adecuada en una tabla bien acepillada, y cuando aquélla se empieza á secar se sacude con la paleta echándola en una vasija en trozos grandes y pequeños y hasta desmenuzados con los dedos para que haya de todos tamaños. Se ciernen luego en un cedazo con objeto de dar á estos trozos formas esféricas: para emplearlos se toma una pellada de la masa general y se envuelven en ella dichos granos ó trocitos, tendiendo á seguida la mezcla en la pared ya mojada y preparada de antemano con una lechada dada con brocha. Á continuación se saca el brillo de la manera ya explicada.

En Francia se imita el mármol de la siguiente manera. Á 50 kilogramos de mármol pulverizado y pasado por tamiz, se añaden 18 kilogramos de polvo de ladrillo también cribado y tamizado y 10 kilogramos de vidrio tamizado: se agrega á esto el quíntuplo de toda la cantidad de cal hidráulica, y

mezclándolo todo en agua se hace una pasta que se revuelve y bate con cuidado hasta que forme liga, en cuyo caso se tiende en la pared y se alisa con la paleta. Se trazan después con un pincel las venas y colores que presenta el mármol que se ha de imitar y se espolvorea con talco en polvo valiéndose de una muñeca ó saquito donde se ha introducido al efecto: en seguida se frota con la llana para alisar y así se consigue sacar brillo al enlucido al propio tiempo que se enfría.

768. Se aplican las cales hidráulicas y cementos cuando se hayan de emplear los estucos en sitios húmedos. En este caso, se hace la mezcla con una parte de polvos de mármol y cinco de cal hidráulica apagada y pasada por tamiz.

Una vez seco un estucado, puede grabarse como en una piedra y rellenar el hueco con masa de estuco de otro color, obteniendo así labores ó dibujos permanentes.

769. ENLUCIDO DE YESO.—Preparada la pared con el jaharro, el enlucido se hace con el yeso fino pasado por tamiz. Se gasta algo suelto ($1^{m3}200$ de agua por 1^{m3} de polvo) extendiéndose, como en el enlucido de cal, con la llana, pero tomando las precauciones que exige su pronto fraguado, que son el de amasarlo en pequeñas cantidades y emplearlo inmediatamente. Así como al de cal, se saca al de yeso el brillo cuando está algo duro y se le cierran las grietas que se abran apretándolo con la paleta.

Algunas veces se desea dar color al yeso y para ello se emplean colores ú óxidos metálicos, no mezclándose cuando se hace el amasado, pues de este modo salen muy desiguales, sino echándolos en el agua y mejor en lechada de cal, amasando después con ésta el yeso. Se pueden también mezclar los colores con el yeso en polvo revolviendo la combinación hasta que estén bien mezclados y tamizándola después.

770. ESCAYOLADO.—El enlucido de *escayola* es, como el estuco, una imitación de los mármoles y se hace con yeso muy blanco, de la mejor calidad, cocido á punto y no venteado, lo cual se conoce examinando si las piedras presentan en su fractura pocos puntos brillantes. Se muele en un mortero ó sobre una piedra lisa pasándolo luego por tamiz de seda. Se agregan colores vegetales ú óxidos metálicos para darle el aspecto del mármol.

La piedra de yeso que se haya de destinar á este uso se busca muy blanca eligiendo la mejor, y se cuece por lo regular aparte después de reducida á tamaño de un huevo, cuidando no cocerla demasiado. Se conoce que está bastante cocida cuando se abre fácilmente en hojas con los dedos. Una vez fría, se conserva metida en costales en un sitio seco, no reduciéndola á polvo hasta el momento de su empleo en cuyo acto se pasa por un cedazo.

Se amasa el yeso con cola ni muy floja ni muy fuerte, sea de Flandes ó de retales, prefiriéndose la de pescado por lo incolora, cuando la imitación ha de ser á mármol blanco. Esta sustancia proporciona, además de la liga, gran consistencia, retardando el endurecimiento, llenando los poros y haciendo más dócil la masa para manejarla. Se pasa por tamiz para quitarle las partículas carnosas ó materias extrañas, y antes de añadirle el yeso se deslíen en ella los colores.

Cuando está preparada la pared con el jaharrado y enlucido y éste se halla seco, se tiende la masa igualándola con la llana ó con una espátula y formando entonces el abigarrado con una masita preparada con los colores, la cual se aplica por medio del movimiento de la mano. También se dan los colores con brocha ó esponja, pero no se imita tan bien el mármol, si bien es más económico en colores. Seca ya esta escayola, se frota con piedra asperón, pómez ó de Moncayo hasta quitarle las mayores asperezas, mojándola al mismo tiempo con una esponja. Después, sin dejar ésta de la mano, se pasa una muñeca de lienzo encerada ó llena de polvos de Trípoli y creta, dándole á continuación con un fieltro y agua de jabón y luego con aceite común. Finalmente se frota con un fieltro seco, advirtiendo que no se deben interrumpir estas operaciones, pues de lo contrario se empaña el escayolado.

En Valencia, una vez extendida la masa y antes de secarse, se moja con una esponja y se frota con un asperón para hacer ver los rasgos, vetas y sombras. Se limpia con la esponja y agua clara para descubrir los defectos, faltas ó huecos, los cuales se cubren inmediatamente con una masa clara extendida con brocha y apretada con la paleta y cuando empieza á enjugarse se restrega con un pedazo de suela para quitarle las sobras. Cuando está seco el escayolado, se le vuelve á pasar la piedra pómez y se extiende otra lechada con la brocha, frotando á seguida con piedra de Moncayo y agua clara. Las lechadas son cada vez más finas, rematando con una piedra afiladera para sacar el lustre,

y cuando empieza á secarse se frota con una piel de badana y polvos de lustre y hasta con los dedos.

771. Puede también aplicarse la escayola haciéndola en lechada y dando con una brocha dieciseis ó veinte manos.

En la penúltima capa de un escayolado, emplean los italianos una mezcla compuesta de seis partes de cal, tres de arena, dos de escorias de forja, una de teja molida y otra de tártaro de vino. El todo, bien pulverizado, se amasa perfectamente para que salgan mezcladas todas sus partes.

Cuanto se ha dicho respecto á la imitación de los jaspes al tratar de los estucados, tiene aplicación para imitarlos en el escayolado.

Puede hacerse el escayolado resistente á la intemperie, siempre que, después de pulido y antes de estar completamente seco, se le den dos ó más manos de aceite de olivas, pasándole la mano á fin de que se introduzca bien en la masa. También puede frotarse con grasa de tocino rancio, pues si bien el agua y el polvo ocultan algo el brillo, éste se puede volver á sacar frotando con un pedazo de piel fina de badana ó con un trapo.

772. En las Antillas se emplea para el interior de los edificios la mezcla llamada *lastrina*, cuya base es el yeso blanco después de tamizado, el cual se amasa con lechada de cal pura, sola ó acompañada de los colores minerales, ocre claro ú oscuro, amarillo cromo, azul ceniza ó cobalto, etc.

Cuando la masa empieza á tener consistencia se la aplica por bandas estrechas y con ligereza para no dar lugar á que se endurezca antes de tender la siguiente. Según se va tendiendo la afina un operario con el palustre y otro le saca brillo de la siguiente manera: remoja suavemente la superficie con un trapo de hilo ó de algodón á medio usar y limpio, se espolvorea con una muñeca de jabón de sastre ó piedra Alicante molida y se refriega con otro trapo seco sacudiéndolo de cuando en cuando para quitarle el polvo que apelotonado pudiera rayar el enlucido, cuya operación repetida dos ó tres veces produce un brillo igual. Seca ya la pared después de esta operación, se le da un barniz de aguarrás y cera con un gran peine de pintor, pasándolo vertical y horizontalmente por pequeños trozos de pared; y á medida que esto se hace, se frota suavemente con trapos apretando cada vez con más fuerza. Se da la última mano con un trapo empapado en espíritu de vino, frotándolo todo bien. Cuando la lastrina está fresca puede hacerse un veteado con un pincel de modo que absorba la pintura quedando ésta firme.

773. OBSERVACIONES SOBRE EL EMPLEO DE LOS REVOQUES.—Siempre que un revoco de cal se haya de aplicar sobre una pared hecha con yeso ó al contrario, debe tenerse presente que una á otra sustancia se repelen, conspirando cada una á formar un cuerpo aparte; por lo que hay que hacer los revoques con varias capas, mezclando en la primera la cal y el yeso por partes iguales y aumentando en las sucesivas la cantidad del material de que se ha de componer la exterior hasta que ésta se haga con él exclusivamente.

El yeso no debe mezclarse á la cal si no en el momento de su empleo.

Debe advertirse que los revoques de yeso no es conveniente emplearlos sino en el interior de los edificios donde no estén expuestos á las influencias atmosféricas, pues éstas deterioran el enlucido y lo destruyen con el tiempo. Del mismo modo, cuando el sitio que se ha de revocar es húmedo, deben emplearse mezclas hidráulicas y más ó menos enérgicas, según la humedad que haya que combatir.

La operación del revoque debe retrasarse tanto más cuanto mayor sea el espesor de la pared, porque no teniendo salida el agua de las mezclas puede suceder que descienda con fuerza al terreno y absorba de él el salitre, el cual aparecería después por las paredes arriba.

La poca duración de algunos revocos depende muchas veces de que las mezclas con que se fabrican están mal preparadas y empleadas ó de que se les aplica sobre fábricas frescas todavía ó donde las piedras se han empleado recientemente extraidas y, por lo tanto, no han tenido tiempo de despedir el agua de cantera, pudiendo helarse y henderse, así como el mortero que las recubre, el cual viene á caer por fin.

También cuando estas obras se hacen durante los calores del verano, se secan muy rápidamente, de lo que resulta una costra demasiado dura, que es luego despedida por el agua que la piedra y las mezclas arrojan, formando un revoco abotagado que se desprende de la pared cayendo en costrones de una extensión considerable. Especialmente cuando la fábrica es de ladrillo y mezcla hidráulica, no es conveniente revocar inmediatamente; pues que si se aplica luego de la conclusión del macizo

cuando aun están húmedas las paredes, impide la penetración del aire necesario para el endurecimiento del mortero del interior, siendo tanto más lento este endurecimiento cuanto mayor sea el espesor.

Las obras de revoque deben hacerse empezando siempre por la parte superior con el objeto de que los desperdicios de mortero que siempre caen en toda clase de obras, no deterioren ó ensucien las partes ya concluidas.

774. REVOQUES SOBRE TAPIA Y MADERA.—El revoco sobre pared de adobes ó de tierra exige que ésta se halle completamente seca, especialmente si se ha de pintar, necesitando el tiempo de seis meses á un año. De lo contrario, al resudar el muro para arrojar la humedad, empujaría el revoque haciéndolo caer.

Un mortero magro compuesto de una parte de cal y dos de arena ó de una parte de cal para cuatro de arcilla y una cantidad de borra suficiente para sembrar toda la masa, dan un revoco que defiende bastante bien la tapia de la acción de la lluvia y del aire.

Para que el mortero agarre es necesario picar la pared con la alcotana dando los golpes de arriba á bajo y cuidando de que cada golpe produzca una especie de apoyo en la parte inferior que retenga ó en donde se apoye la mezcla. Las rebabas de mortero que se forman al hacer la tapia contribuyen á retener el revoque tanto mejor cuanto más inmediatas están las juntas. Se han ideado varios medios para sostener estos revocos, consistentes en clavar estaquillas ó ripio en la pared, para fijar el cual se arroja mezcla en una muesca hecha en la tapia y se introduce en ella el cascote de teja ó ladrillo que llaman *clavo;* pero como esto estropea la tapia, se acude al picado anteriormente descrito ó á las tapias con lechada de cal ó á hacer el revoque al propio tiempo que la tapia.

Para tender el enlucido de modo que quede limpio y unido y en disposición de poderse pintar, hay que proceder de la siguiente manera: un albañil toma en su mano derecha la paleta al propio tiempo que tiene en la otra una brocha ó escoba con la que empieza por regar el muro ya picado y barrido; en seguida aplica algunas paletadas de mortero que extiende con la misma paleta todo lo posible; arroja luego otras paletadas, las extiende y así continúa. Otro albañil toma en la mano izquierda otra brocha con la que humedece el mortero tendido por su compañero y lo comprime con la talocha *(fig. 496)* que tiene en su mano derecha. Aplicando su ojo izquierdo al muro podrá observar las jorobas que haga el mortero y podrá quitarlas apretando fuertemente con la talocha hasta conseguir una superficie unida y tersa. Si este enlucido ha de pintarse, es necesario hacerlo á la vez, suspendiendo los albañiles su trabajo, si se adelantan mucho, para dar tiempo al pintor, pues de lo contrario el enlucido se seca y los colores no pueden ya incorporarse.

Cuando el revoque se aplica sobre madera, se hace preciso proporcionar á ésta asperezas para que se adhiera el mortero, sea con golpes de azuela, sea entomizando ó cubriendo la madera con clavos.

775. ALICATADOS.—Son revestimientos de azulejos que nos dejaron los árabes, y en ellos se ven algunos hechos con pedazos de barro esmaltado, cada uno de su color, llamados *aliceres*, cuyas combinaciones presentan los dibujos arabescos; lo general, sin embargo, es el empleo de los azulejos en que aparece ya trazado con colores este adorno. Hoy se emplean generalmente donde se exige mucha limpieza ó se quiere dar á la construcción un aspecto árabe. La cinta ó friso inferior de estos revestimientos toma el nombre de *alizar*, y muchas veces se encierran entre cantoneras de hierro ó de latón.

Para colocarlos, se les tiende una capa de mezcla por su revés y comprimiéndolos contra la pared se les pega á ella cuidando de formar los dibujos que entre ellos representan y de que no haya rebabas en las juntas, haciéndolas lo más finas posibles

Así como los azulejos, pueden servir los baldosines hidráulicos de colores ó con incrustaciones de mármol, nácar, etc.

776. CHAPEADO DE LOSAS.—Se hacen revestimientos decorativos de piedra con tableros de mármol, jaspe ó pórfido, en los cuales se pueden incrustar trozos de otra clase de piedra, recortados, para formar dibujos alineados. Las losas se fijan en las paredes con morteros muy adhererentes ó mastics. También se aseguran por medio de clavos largos, cuya extremidad ó cola esté abierta ó en pata de cabra para empotrarla en la pared. La cabeza, que es de bronce ó cobre, sirve al mismo tiempo de adorno al tablero que sujeta, pudiendo estar soldada al vástago ó entrar en él á rosca como una tuerca, lo cual tiene el inconveniente de quedar á merced de los rateros.

777. REVESTIMIENTOS DE MADERA.— Se revisten de madera las paredes, ya para defenderlas de la intemperie y que no las pase la humedad de la lluvia, ya para abrigar ó hermosear el interior de las habitaciones. En el primer caso, se emplean las tablas de varias formas y en distintas disposiciones, pero de manera que unas recubran á otras en alguna parte, como se explicará al tratar del revestimiento de cubiertas, de las que se diferencia en la pendiente.

Los revestimientos interiores de las habitaciones hasta más ó menos altura, han sido muy empleados desarrollándose en ellos todos los recursos del arte del decorador. Se llaman *revestidos altos, de altura ó arrimos*, los que cubren toda la altura de la pared *(fig. 498)*, y *de apoyo, bajos ó arrimadillos* cuando tienen solamente 80 $^c/_m$ á 1 metro de altura. También se reducen á un simple listón ó faja horizontal á la altura del respaldo de las sillas, para que éstas no rocen y estropeen las pinturas ó entapizado.

Descansan los arrimadillos ó están defendidos por abajo, en un zócalo llamado *faja ó friso*, y terminan por arriba en una especie de cornisa que se llama *cimacio*. El friso está casi siempre compuesto de planos lisos para que puedan conservarse limpios aunque su borde superior se presenta perfilado como una moldura.

Los arrimos se forman generalmente de dos partes, la inferior que es el arrimadillo anterior y la superior que es propiamente el revestimiento de altura, separándose ambas por un cimacio en el cual encajan á ranura y lengüeta, aunque también se ensamblan entre sí, sobreponiéndose después el cimacio *(fig. 500)* para cubrir la junta. El revestimiento alto está coronado por una cornisa ó cimacio superior.

Por lo general, se divide el lienzo de pared por medio de pilastras con su basamento, fuste y capitel que recibe el entablamento y entre estas pilastras se establecen tableros que tienen como ellas sus zócalos y cornisamento. Las puertas contribuyen al decorado siendo su composición análoga á la de los entrepaños.

778. La construcción de estas obras pertenece á la carpintería de taller y se ejecuta como la de las puertas y ventanas, de que se tratará más adelante.

Lo más común es ensamblar tablas de arriba abajo (á las que se deja toda su longitud) entre piezas verticales ó montantes y otras horizontales ó travesaños que forman bastidores. Las tablas (que conviene tengan poca anchura para que encajen bien y no se alabeen) se juntan entre sí á ranura y lengüeta y también á juntas cubiertas *(fig. 501)*. Las aristas del bastidor se molduran generalmente y todas las juntas ó ensambladuras se encolan.

Otro método de hacer estos revestimientos consiste en reunir entre sí á ranura y lengüeta cierto número de tablas del mismo grueso, constituyendo un tablero que se ensambla en los cuadros formados por los montantes y travesaños, dividiéndose los bastidores por lo regular por una banda horizontal á la altura del pecho. Como en el caso anterior, se molduran las aristas.

Se hacen también grandes cuadros formados de piezas más gruesas que los bastidores, cuyos cuadros se adornan con molduras y en ellos se ensamblan los bastidores, pudiendo enriquecerse cuanto se quiera con adornos. Estos cuadros se ensamblan á inglete y á espiga y mortaja. En algunos casos, el gran cuadro encierra cierto número de otros más pequeños.

En construcciones económicas los bastidores y los tableros se hacen del mismo grueso, ensamblándolos á ranura y lengüeta y cubriendo las juntas con listones moldurados que forman cuadros salientes.

La experiencia ha demostrado que los tableros no deben tener más de un metro de anchura y tres de longitud y que los bastidores no han de pasar de 16 centímetros de anchura.

Las tablas en todos casos se encolan unas con otras, y para mayor seguridad se les pega por detrás ó sea del lado de la pared, unas fajas de tela: cuando se teme que la obra se pueda alabear, se la refuerza por este lado con barrotes ensamblados á cola de milano en los tableros, si el grueso de éstos lo consiente, y si no, con tornillos.

La cornisa que corona estos revestimientos suele formarse de varias piezas juntando tablas de plano ó de canto, según convenga, de modo que estén más salientes unas que otras, imitando á las construidas de una pieza, que son más pesadas. Algunas de sus piezas suelen ensamblarse á ranura y lengüeta; pero generalmente basta reunirlas por medio de clavos. El remate se hace también de yeso ó de mezcla corrida á tarraja antes de fijarse la madera para que ésta no se manche.

En la colocación de estos revestidos se deja un

pequeño hueco contra la pared á fin de que la humedad de ésta no los ataque, preparándose además contra este enemigo por medio de dos ó tres capas de pintura al óleo. Se sujetan á la pared por tornillos ó pasadores que entran en tarugos empotrados de antemano en la misma, los cuales deben tener la forma de cola de milano para que no puedan desprenderse, y tener el saliente del hueco dicho para que el revestimiento esté separado de la fábrica. Las cabezas de los tornillos se embeben en los bastidores y para ocultarlas se introducen taquitos de madera de la misma clase que la del bastidor, colocándolos con las fibras en la misma dirección y pegados con cola.

779. Las aristas ó esquinas que forman los huecos de puertas y ventanas se adornan al mismo tiempo que se defienden, como ya se ha indicado (680), por medio de listones moldurados que tienen una sección redondeada tan sencilla como la representada en las *figs. 502 á 504*, ó afectan un perfil compuesto, como el de la *fig. 505*, formando un marco unido que rodea las puertas y limita los tapizados ó empapelados de que se va á tratar. Estas molduras se emplean también y muy comunmente para ocultar la unión de los cercos de puertas con la fábrica de la pared, cuya junta se abre cuando se seca la madera, presentando una grieta de mal efecto alrededor de dicho cerco. En este caso, las molduras se clavan ó sujetan con tornillos á este cerco para que obedezca sus variaciones, además de que se fijan mejor en él que en la fábrica. Por su parte inferior no deben llegar al suelo sino descansar sobre un zócalo cuadrado y liso para que se conserve limpio.

780. REVESTIMIENTOS DE CINC.—Donde hay que temer á la humedad de las lluvias á través de una pared, ya porque ésta sea demasiado delgada ó esté construida con materiales permeables, ó ya porque el interior del edificio exija condiciones especiales de sequedad en las paredes, ó que por el exterior se halle expuesto á temporales abundantes en lluvias, las paredes deben revestirse con plomo ó con cinc, de manera análoga á las cubiertas de los edificios.

Si las planchas se clavan en la pared, es preciso que los agujeros sean ovalados ó prolongados en el sentido que haya de dilatarse ó contraerse el metal para que pueda hacerlo libremente, pues si está sujeto, las planchas se abollan y se rajan.

Se ha ideado hacer á cada hoja cuatro pestañas por sus cantos *(fig. 506)*, la del superior para colgarla de ganchos ó corchetes *c* clavados á la pared, como se ve en el detalle *C*, la del inferior para embordar con la pestaña de la de abajo, cubriendo á la vez los corchetes, y las laterales para embordar con las planchas de los lados *d*, detalle *D*. Se pueden sujetar en su medio por medio de unas tiras cruzadas, de las cuales una se clava al paramento y la otra va soldada por sus extremos á las planchas, cuyos enlaces permiten tener juego en todos sentidos.

781. Se construyen también planchas cuadradas con rebordes, cuya colocación es análoga á las planchas, según se comprende inspeccionando la *figura 507*, que representa una plancha con los corchetes que la sujetan á la pared.

782. EMPAPELADO Y TAPIZADO. — La operación de empapelar, que corresponde al decorador, exige del constructor que la pared donde se haya de poner tenga su enlucido perfectamente plano y seco, para que el engrudo pegue bien el papel á la pared y no forme arrugas.

Se prepara la pared donde se ha de tender el papel, alisándola y raspándola si tiene blanqueos ó restos de otros papeles.

Las piezas ó rollos de papel pintado que tienen un ancho de 47 á 50 centímetros por 8 á 8,75 metros de longitud, se cortan en *paños* del alto que ha de tener el empapelado, que arranca generalmente á 1 metro próximamente del piso y llega hasta cerca del techo. Se dan por el reves con engrudo y se colocan de alto á bajo por fajas verticales casando los dibujos y cuidando que no resulten pliegues ó arrugas ni queden burbujas de aire intermedio que producen bultos de muy mal efecto. Al colocar los paños se empieza por el lado de donde viene la luz para que la orilla que recubre no haga sombra de alto á bajo. El engrudo es de harina cocida en agua, mezclándole 8 por 100 de dextrina cuando el papel es barnizado.

Los paños se cierran ó limitan por arriba y por abajo por las cenefas de papel horizontalmente colocadas, disponiéndose por debajo de la inferior el *friso* con paños horizontales que tienen un dibujo y color adecuado á su situación y los cuales no llegan al suelo para que no se deteriore el papel. Esta parte ó zócalo se pinta de un color oscuro ó se defiende con una tabla que al mismo tiempo cubre la unión del piso con la pared. Los recuadros ó fajas que se forman con el papel se bordean con cenefas

y muchas veces con perfiles ó molduras de madera dorada ó barnizada.

Conviene muchas veces, ya para ocultar desigualdades de la pared ó para que la humedad de ésta no altere los colores del papel, especialmente cuando es caro, ya por otra causa cualquiera, tender como preparación papel de estraza ó de precio barato, sin color alguno, el cual se debe pegar bien sin pliegues ó arrugas y de modo que las juntas de alto á bajo estén bien rectas y verticales, pues los defectos de este pegado aparecen luego por encima del papel pintado que se pone después. Si la humedad es temible, se emplea el cartón embetunado que se clava en la pared uniendo bien sus orillas; y si se trata de paredes que desde luego se sabe que han de tener humedad, se empotran listones para clavar en ellos unas telas baratas donde pegar el papel y aislarlo así de la fábrica como para el tapizado.

Cuando el papel ha de cubrir la rendija del giro de una puerta hay que tomar precauciones para que aquél no se pueda doblar ni romperse ó desgarrarse, y que oculte al mismo tiempo la raja. Para ello se pone una banda de papel bien mojada de unos 7 centímetros de anchura de modo que oculte la rendija y sobre ella se pega con engrudo otra tira de tela fina de 12 á 15 centímetros. Sobre esta preparación se tiende el papel pintado de manera que cuando todo está seco se puede abrir ya la puerta sin riesgo ninguno, pues la tira mojada se desprende de la pared y de la puerta doblándose fácilmente el empapelado sin romperse.

Las puertas escusadas que se han de disimular con el papel, llevan una tira saliente de palastro delgado que se cubre con una tela sobre la que puede prepararse bien el papel.

783. El tapizado necesita igualmente un enlucido plano y seco en el que se empotren listones de madera convenientemente dispuestos y algo salientes donde puedan clavarse las telas ó tapices y las molduras que los separan ó adornan. El resalto de los listones tiene por objeto que la tela no toque en la pared para que no perciba la humedad.

Con el nombre de lincrusta-Walton se fabrica hoy un tejido para el decorado de habitaciones, cuya colocación se verifica por un procedimiento análogo al del empapelado, debiéndose prestar más atención al corte de los diferentes trozos del rollo. La pasta que sirve para pegar la lincrusta á las paredes se compone de harina, dextrina y agua y se da en capas extendidas y delgadas que no tengan grumos. Los fabricantes facilitan instrucciones detalladas para la colocación sobre muros recien construidos y húmedos, sobre muros secos, mal alineados, pintados, sobre madera y sobre cinc.

CAPÍTULO III

De las bóvedas

ARTÍCULO I

De las diferentes clases de bóvedas y de sus empujes.

784. DEFINICIÓN Y OBJETO DE LAS BÓVEDAS.—Una bóveda no es más que una sucesión de arcos (673) y como tal, consta de las mismas partes con idénticas denominaciones. En la bóveda, sin embargo, como la longitud entre las cabezas es mayor que en los arcos, sus dovelas tienen que ser varias y de aquí el que se llamen *hiladas* las filas de piedras que se encuentran á una misma altura, y *juntas de hilada* las que separan unas filas de otras.

Las bóvedas tienen por objeto en los edificios salvar un espacio para formar un suelo artificial sobre el del terreno ó natural, ó para cubrirlo. También se figuran como adorno ó para ocultar una armazón superior y entonces no sostienen nada, formándolas de cañas ó listones convenientemente dispuestos y guarnecidos ó revocados, en cuyo caso toman el nombre de *camones*.

785. BÓVEDAS SIMPLES.—Una bóveda puede tener las mismas formas que se describieron al tratar de los arcos de fachada (670) y algunas más. Entre éstas se halla el arco *por tranquil* ó *de pies desiguales*, que tiene sus arranques á diferente altura *a, a'* *(fig. 508)* debiendo ser la curva de varios centros.

Las bóvedas están engendradas por el movimiento progresivo de una línea curva continua, constante ó variable á lo largo de una directriz dada. Si ésta es una línea recta, las bóvedas se llaman *cañones seguidos* que pueden ser *rectos (fig. 509)* cuando la directriz ó eje de la bóveda *xy* está á nivel y perpendicular á sus frentes ó cabezas *ab*, y *aviajados* ó *en esviaje* cuando el plano del arco de cara *ab (fig. 510)*, que es vertical, está oblícuo con el eje ó directriz *xy*. Cuando la cara de la bóveda es oblícua respecto de la dirección del eje y del horizonte, formando con éste un ángulo obtuso á escarpa ó agudo á contraescarpa, la bóveda se llama *cañón seguido en esviaje y á escarpe* ó *en esviaje y á contraescarpa*.

Cuando el frente de la bóveda *(fig. 511)* es vertical, é inclinado al horizonte su eje *a' y*, se llama *bajada recta;* si además el eje está oblícuo respecto de la dirección horizontal del cilindro, el cañón se llama *bajada en esviaje;* y si finalmente además de estas tres oblicuidades, hay otra cuarta cual es la del frente de la bóveda con el horizonte, se llamará *bajada en esviaje á escarpa* ó *á contraescarpa*.

Si la generatriz no es constante sino que cambia proporcionalmente al camino que recorre, la bóveda es *cónica, conoide* ó *abocinada*, la cual puede tener las mismas diferencias que se han indicado para los cañones. Se llama *trompa* cuando el cono es completo, es decir, que tiene vértice.

Si el intradós de una bóveda está engendrado por una curva *acb (fig. 512)* á lo largo de una directriz *xy* también curva y situada en un plano horizontal, la bóveda es *circular* ó *anular* siendo de *caracol* ó en *espiral* cuando la directriz va elevándose á medida que da la vuelta.

Cuando se desea reforzar estas bóvedas ó variar la monotonía que ofrece una bóveda seguida siempre igual, se establecen de trecho en trecho arcos *aaa, ccc* llamados *perpiaños (fig. 513)* que resaltan á manera de cinchos por la parte interior del cañón. Se dividen también en sentido horizontal

ac, ac formando con los perpiaños los llamados *casetones C,* cuyo sistema es muy empleado en las bóvedas del Renacimiento.

786. BÓVEDAS COMPUESTAS.—La combinación de las anteriores produce entre otras bóvedas compuestas, las siguientes:

La bóveda en *rincón de claustro (fig. 514),* formada de dos ó más cañones de la misma altura, pero cuyas líneas de encuentro son entrantes, recibiendo el nombre de bóvedas en *imperial* cuando son muy rebajadas.

La bóveda *esquifada* como la de rincón de claustro en su parte inferior, pero que remata por la superior en un plano *bc, b'b'c (fig. 515),* apellidándose *circular* cuando las aristas de encuentro *ab, a'b',* son cuadrantes de círculo, y *elíptica* cuando son de esta clase.

787. La bóveda *por arista* llamada también *capilla (fig. 516),* está compuesta de la intersección de dos ó más cañones de igual altura y cuyas aristas de encuentro *acb,a'c'b"* son salientes. Las aristas se forman también con arcos llamados *cruceros.* Está apeada, como se ve, por los arcos echados de uno á otro ángulo de su planta *a'a", a"b", b"b', b'a'.* Cuando la recta tirada del vértice *e* de uno de estos arcos al *d* del opuesto toca en el punto *c* de encuentro de las aristas, la bóveda por arista es *truncada;* pero cuando este punto se halla más alto que dicha línea *(fig. 517),* la bóveda se llama capilla *cumplida* ó *empinada,* y *empino* lo que este punto levanta sobre los arcos. Está esta bóveda formada por la intersección de semi-esferoides, de semi-eliptoides ó de unos con otros. Se comprenderá que lo mismo que sobre un cuadrilátero, se puede levantar una bóveda por arista sobre un triángulo ú otro polígono cualquiera, como se hace en los ábsides de los templos ojivales.

En los cañones muy prolongados y en las bóvedas anulares, tienen mucha aplicación las aristas, pues sobre que rompen la monotonía de una bóveda siempre igual, ahorran material por no exigir para su estabilidad más apoyos que en los ángulos, donde basta levantar un pilar en cada uno, cerrando si es necesario el espacio entre unos y otros con una pared delgada.

Las aristas se achaflanan á veces partiendo el chaflan de los pilares y terminando en el centro de la bóveda como indica la planta de la *fig. 518* ó por el contrario haciendo que los chaflanes partan de una porción plana establecida en la clave y vayan á terminar en el ángulo del pilar, según aparece en la *fig. 519.*

Se llaman *lunetos* de estas bóvedas los diferentes trozos de ellas, cuya planta es triangular y más propiamente los resultantes de la penetración de una bóveda *cb (fig. 520)* por otra de menor altura *abod,* presentando salientes sus líneas de encuentro *bo, b'o'b'.* Se dice que es *llano* un luneto cuando la línea *od* de su vértice es recta, perteneciendo la superficie cóncava del luneto á un cañón y toma la denominación de *empinado* cuando es un arco de elipse *oe,* correspondiente á un eliptoide.

El luneto es *recto,* si los ejes de las bóvedas *xy, zu,* forman esta clase de ángulo y *en esviaje* cuando es oblícuo. Las aristas se refuerzan ó guarnecen á veces con *nervios* de sección moldurada.

788. BÓVEDAS DE REVOLUCIÓN Y SUS DERIVADOS.—Las bóvedas que cubren un espacio de base circular ó elíptica, cuyo intradós se engendra con el movimiento de revolución de una curva, se llaman *cúpulas;* clasificándose en *esferoidales, eliptoidales* y *medias naranjas,* según sea su superficie cóncava la mitad de un esferoide, de un eliptoide ó de una esfera. Las esferoidales se dividen en *aplanadas* y *prolongadas.* Son aplanadas cuando están engendradas por la rotación de una elipse alrededor de su eje menor que puede estar vertical *vc (fig. 521),* ú horizontal *ab, a'b' (fig. 522).* Son prolongadas cuando el giro de la elipse es alrededor de su eje mayor que puede también estar vertical *vc (fig. 523),* ú horizontal *ab (fig. 524).* Las cúpulas eliptoidales tienen la base elíptica y su montea desigual con el eje de la elipse.

Dada á estas cúpulas una sección por su centro con un plano vertical, se dividen en dos, llamándose *cascarón* á cada una de las mitades.

789. La bóveda *vaída* tiene su superficie cóncava apeada por cuatro arcos y presenta la figura de una sábana sujeta por las cuatro puntas y ahuecada por el aire. Semejantes á éstas son las bóvedas denominadas de *tapa de coche* en Extremadura donde se construyen sin cimbra. Son las mismas cúpulas, penetradas en su base por cuatro bóvedas de cañón *T, T' (fig. 525),* cuyos arcos *doa, d'o'a'* toman el nombre de *formeros* ó arcos *torales.* Cuando son los cuatro de medio punto, la vaída es *esférica,* siendo parte de una media naranja; y cuando son todos elípticos ó dos de ellos solamente, se llama vaída *elíptica.*

Los póligonos irregulares son susceptibles de ser

cubiertos con bóvedas esféricas; basta solamente que los vértices de sus ángulos estén dispuestos de manera que puedan estar circunscritos á una circunferencia. Entonces el radio de ésta trazará la curva de intradós de la bóveda esférica. El arranque de ésta en todos los vértices deberá estar á un mismo nivel.

Las bóvedas vaídas son *cumplidas* cuando como la de la *fig. 525* están completas; pero si les falta el casquete *bec* superior al plano horizontal *boc* tangente á los arcos torales, se les llama *truncadas*, quedando entonces reducidas á las cuatro partes triangulares *bod, b'o'd'* llamadas *pechinas*. Éstas se denominan también *esféricas* ó *elípticas*, según sea la bóveda vaída á que pertenecen. Además se llama pechina *truncada* cuando no remata por su parte inferior en un punto *a,a', d,d'*, sino en una línea *N, N' (fig. 526)*, llamada *boquilla*, presentando en su planta un octógono.

La vaída truncada se acostumbra cubrir con una media naranja ó cúpula *hefg* que carga generalmente sobre los arcos torales, por el intermedio de un *tambor* ó *cimborio kh lg* que es un muro cilíndrico de cierta altura. En la cumbre del casquete ó cúpula, se deja por lo regular un ojo ó vano redondo *ef* para el paso de la luz y también para ventilación, colocando encima una *linterna* ó *cupulino* *L*, que es un cuerpo cilíndrico rematado igualmente en cúpula, y que se levanta sobre un tambor como la cúpula principal ó media naranja.

790. En el estilo ojival, las bóvedas son generalmente de aristas, resaltando éstas con arcos convexos de un perfil ó sección moldurada. La planta es á veces poligonal, como aparece en la *fig. 527*, y sobre los arcos convexos *es, rd*, apoyan trozos de bóveda vaída *des, drs*. Estos espacios triangulares se subdividen en otros por medio de arcos *terceletes da (fig. 528)* que suben hasta la línea media ó cadena *cd*, los cuales pueden servir de apoyo á otros formando redes más ó menos complicadas, como la estrella delineada en *B*, de donde procede el nombre de *reticulares* que se da á estas bóvedas, á las cuales también se apellida de *crucería* porque se componen de lunetos y otros cruzamientos.

La arquitectura árabe tiene también arcos salientes en sus bóvedas, los cuales se entrelazan cruzándose de manera que forman figuras geométricas, según puede observarse en la *fig. 529*, que representa en planta y sección vertical el techo de la ermita del Cristo de la Luz en Toledo.

En esta arquitectura se emplean mucho las estalactitas ó sean cuerpos colgantes que pueden considerarse como prismas cortados por cilindros ó esferas que se suspenden ó apoyan al parecer en puntos salientes y están en realidad adheridos para cubrir cambios notables en la forma de la bóveda, como sucedía cuando un espacio rectangular se había de cubrir con una cúpula esférica ó poligonal, en cuyo caso las pechinas se decoraban con dichas estalactitas, que pintadas y doradas presentan un bello aspecto.

791. EMPUJE DE LAS BÓVEDAS. — Por la forma de cuña, que según la estereotomía han de tener todas las dovelas, se comprende que la clave, contraclaves y demás dovelas próximas, están mantenidas en su posición mediante la reacción que experimentan por parte de las inferiores, que tienden á juntarse, impelidas unas y otras por la fuerza de la gravedad. Sin embargo, cuanto más próxima se halla una dovela al vértice tanto más empuja ó tiende á separar las inmediatas como obran las cuñas, pero por la disposición que se da á las juntas de lecho, las presiones que unas dovelas trasmiten á otras, se van modificando hasta llegar á los puntos de apoyo, que son de esta manera impulsados á separarse para dejar paso á la caida de la bóveda. Este empuje es tanto mayor cuanto más rebajado es el arco de intradós, mayor es su diámetro y el espesor de la bóveda. Las bóvedas de arista empujan á los pies derechos, tendiendo á hacerlos girar alrededor de sus aristas exteriores. En su caida arrastran las porciones de bóvedas contrarias que por otra parte aumentan con su peso la estabilidad del pilar.

En general, si prepondera la parte alta de una bóveda, ésta se divide en cuatro trozos, como lo indica la *fig. 530*, que tienden á girar obrando unos contra otros como palancas. Si son las partes inferiores las preponderantes, tienden á romperse de un modo análogo, aunque en sentido inverso, como demuestra la *fig. 531*. Las juntas *mn* se llaman *de fractura*.

La caida de las bóvedas cilíndricas se verifica por el resbalamiento ó rotación de estas juntas. En bóvedas esféricas es preciso, además, para su caida, que se desunan las piedras de una misma hilada y que se abran grietas en el sentido vertical. Por esto, aunque se quite el casquete de una bóveda esférica, no deja de permanecer en pie, pudiéndose construir encima una linterna sin ningún inconveniente.

La posición de las juntas de fractura varía, según diferentes circunstancias. En las de medio punto, cuyo trasdós es un plano horizontal, esta junta forma con la vertical un ángulo próximamente de 60°, es decir, está á una altura del arranque igual á la cuarta parte del diámetro. En las carpaneles cuyos arcos son de 60° y rebajadas al tercio ó al cuarto, el ángulo es de unos 45° ó sea á una altura igual á $^{54}/_{100}$ del eje menor ó á los 55° á contar del arranque del arco pequeño. Finalmente, en bóveda escarzana, la ruptura se verifica en el arranque, á no ser que esté trasdosada á muy pequeño espesor ó que el arco no pase de 120°.

De lo anteriormente expuesto se deduce, que las bóvedas peraltadas dan menos empuje que las de medio punto, éstas menos que las rebajadas y menos éstas que las adinteladas.

Se debe observar también que cuanto mayor sea la altura del muro-estribo, mayor será también el brazo de palanca con que el empuje obrará contra él para hacerle girar sobre su arista inferior exterior.

792. MODO DE OBRAR LOS EMPUJES DE LAS BÓVEDAS.—La clase de bóveda ó su forma, influye considerablemente en el modo como obra, porque un cañón seguido sólo ejerce su acción sobre los dos muros donde tiene los arranques; una bóveda en rincón de claustro empuja todas las paredes de su ámbito; la de arista lleva su empuje á los cuatro puntos de apoyo de sus ángulos ó esquinas en el sentido de la longitud de cada arista; el arco adintelado sólo empuja la fábrica que tiene á los lados en la dirección perpendicular al corte de sus dovelas, la bóveda esférica ó media naranja obra desde el centro á la circunferencia, etc.

En las pechinas que apean una media naranja ó cimborio, es fácil hacerse cargo del empuje que ocasionan. Como el peso del cimborio carga á manera de cuerpo saliente sobre el vuelo de la pechina, ocasiona un empuje lateral para apartar los arcos torales, ó mejor para empujarlos hacia fuera, del lado de las bóvedas de cañón (cuyos frentes y remates son) y en la dirección de su eje.

Como se ve, el empuje de las pechinas contra los arcos torales los impele en una dirección distinta de la de su curva y para contrarrestarlos, como no hay más que el rozamiento de las dovelas entre sí, hay que darles una longitud conveniente. El vientre de la parte inferior del cimborio ocasiona un empuje excéntrico, que obra en el mismo sentido, y por lo tanto, necesitan ser los arcos torales continuación de bóvedas de suficiente longitud, para contrarrestar dichos empujes, á no ser que el vuelo de las pechinas sea insignificante, que sea mucho el diámetro del arco toral y el ancho de la boquilla, porque aproximándose la planta á un octógono regular, y siendo de poca consideración la pechina, discrepa poco de la forma de una cúpula que subiese desde el suelo, en cuyo caso no necesita refuerzo el arco toral. Como éste ha de tener mayor espesor que la bóveda á que está adosado, se debe hacer el resalto por detrás del arco hacia arriba *m* *(fig. 526)*, donde se ve que el cimborio *khlg*, tiene su empuje mejor contrarrestado.

La pechina empuja el machón en la boquilla *N*, y la pesantez del cimborio no obrará solo en la parte saliente de la pechina, sino también contra el arranque, siendo mayor el brazo de palanca cuanto mayor sea el vuelo de la pechina.

793. DIMENSIONES DE LAS BÓVEDAS. —La distancia á que pueden estar los estribos de una bóveda, así como la altura á que éstos pueden elevarse, depende de la resistencia de los materiales de que están construidos.

El máximo diámetro de una bóveda de medio punto, no siendo vaída, puede ser: fabricada con mampuestos irregulares $4^{m}5$, con ídem escuadrados 19^{m}, con sillarejo 28^{m} y con sillería 46^{m} creyéndose que las hechas con hormigón hidráulico pueden alcanzar esta última anchura.

La altura de los estribos puede ser para fábrica de mampostería ordinaria $5^{m}6$, para la escuadrada $22^{m}8$, para la de sillarejo $33^{m}4$ y para la de sillería $54^{m}7$.

794. OBSERVACIONES.—En bóvedas apoyadas sobre arcos como las medias naranjas con pechinas, se tienen que levantar algo próximos los machones, á fin de que, discrepando poco de una línea recta la planta de los arcos que se tiran de uno á otro, no empuje la bóveda en vago en el intervalo de machón á machón. Sin embargo, cuando se quieren hacer cúpulas de grandes diámetros, se apela al recurso de robar las esquinas sobre que apoyan las pechinas, haciéndose éstas truncadas y valiéndose de boquillas.

795. Las cúpulas se forman de dos bóvedas, según se observa en la *fig. 526*, una exterior denominada *domo*, sobre la cual se construye la cubierta y otra interior separada de ella. La montea de ésta puede ser de medio punto ó rebajada, pero

la exterior tiene que ser peraltada, elevándola cuando menos $^2/_3$ de su diámetro para presentar así más esbeltez y más rápida vertiente á las aguas. La interior exige de esta manera menos fábrica y pintura, la cual, por otro lado, se halla más próxima al espectador.

Brunelleschi, en la cúpula de Santa María (Florencia), ideó la doble cúpula ó domo con objeto de que resulte por la parte de afuera una proporción airosa, que no daría por sí solo el trasdós de la bóveda interior. En la cúpula de los Inválidos (Paris) se perfeccionó la idea abriendo la cumbre de la interior ó más baja, pintándose la superior y dando luz por ventanas abiertas en un ático que penetrando por entre ambas cúpulas hiere la cámara de la alta y produce desde abajo grato y sorprendente efecto. La cúpula inferior es una bóveda esférica incompleta, abierta por un gran vano circular rodeado de una cornisa; la segunda, que se ve á través de la abertura, es esférica peraltada y su parte baja oculta por la otra tiene doce lunetos que terminan en ventanas abiertas en el ático exterior (que ocupa la altura de la cúpula interior) por lo cual se encuentra iluminada la parte superior sin que desde abajo se vea de donde procede la luz. Una pesada armadura de madera superada por una linterna y forrada de plomo, constituye la tercera y última cubierta de esta obra. La triple cúpula de Santa Genoveva ó Panteón, es toda de sillería y análoga á la anterior, con la bóveda intermedia muy peraltada, siendo su perfil el de la curva catenaria.

796. Los estribos de una bóveda de cañón seguido pueden hacerse, ó macizos con un espesor proporcionado al empuje que han de resistir, ó cuando se quiere economizar material y espacio, levantando puntos de apoyo principales muy robustos, á los cuales se dirija la mayor parte del peso de la bóveda por medio de lunetos. Éstos pueden ser tan elevados que transformen la bóveda en otra de arista, siendo así inútil la pared comprendida entre los machones.

797. OPERACIONES QUE COMPRENDE LA CONSTRUCCIÓN DE BÓVEDAS Y ARCOS.—La construcción de los arcos ó bóvedas comprende cuatro operaciones distintas: 1.ª, el establecimiento de las cimbras ó sea de los moldes, por decirlo así, sobre que han de construirse y que dan la forma del intradós; 2.ª, la ejecución de la bóveda ó de la fábrica; 3.ª, el descimbramiento, y 4.ª, los trabajos complementarios que no deben empezarse hasta después del descimbramiento.

Cuando las bóvedas ó arcos son de sillería exigen, además, el trazado de la montea (515) para sacar las plantillas ó patrones á que ha de ajustarse la labra.

En esta misma montea se hace el trazado de la cimbra para fijar sus dimensiones exactas y sobre ella colocar las diferentes piezas para marcar con precisión sus ensambladuras.

ARTÍCULO II

De las cimbras.

798. CIMBRAS ECONÓMICAS.—Las bóvedas se fabrican, excepto en casos particulares, sobre moldes ó superficies convexas de tierra ó fábrica, ó sobre armazones de madera que se adaptan á la concavidad de la bóveda, las cuales se llaman *cimbras*.

En ambos casos, á fin de evitar un gasto inútil, no se debe empezar á apoyar sobre la cimbra hasta que la junta forme con el horizonte el ángulo de resbalamiento *or (fig. 375)*, es decir, que su plano inclinado sea aquel en el que ni el rozamiento de los materiales, ni la adherencia de los morteros sea bastante á impedir que dichos materiales resbalen. Este plano forma con el horizonte diversos grados de inclinación, según sea la aspereza de los materiales y la cohesión del mortero. En la sillería se halla entre los 30° y 38° y en la fábrica de ladrillo entre los 39° y los 45°.

799. Los moldes se pueden construir de piedra en seco cubierta con una capa de mortero para completar la curvatura de la superficie de intradós. Para los hornos de pan se hacen con ladrillos en hueco y barro, dando con éste la forma esférica ó eliptoidal, y cuando se ha terminado la bóveda y fraguado la mezcla se deshace este molde por la boca del horno. Los arcos de resalva *(fig. 236)*, así como toda bóveda que ha de quedar enterrada, se construye si se quiere sobre la misma tierra, á la que se da la forma del intradós por medio de plantillas y reglas. Si las bóvedas corresponden á sótanos, alcantarillas, etc., se hace el vaciado ó desmonte de las tierras después de construida la bóveda. También se emplea este medio para bóvedas de poca luz y que no exigen, además, una gran corrección en la superficie de intradós ó cuando ne-

cesitan una cimbra costosa y difícil de establecer, como para las bóvedas de arista, en rincón de claustro, etc.

Si la masa de tierra no está cortada en terreno natural, debe apisonarse ó comprimirse por todos los medios posibles: resistirá tanto más uniformemente cuanto más pequeña sea la ságita.

Puede mejorarse este sistema dejando el molde de tierra un poco más bajo de lo que debe estar el intradós y extendiendo sobre esta superficie una capa de ladrillos sentados de plano con mezcla, lo cual por sí sólo forma bóveda, como se verá al tratar de las tabicadas.

Esta misma clase de bóveda puede servir de cimbra económica, especialmente cuando las bóvedas han de ser fabricadas con hormigón.

800. En arcos de poca luz, como son los de puertas y ventanas, que se construyen principalmente con ladrillo, se emplea este material para formar la cimbra, sosteniéndolo en piezas de madera colocadas convenientemente. Sobre postecillos *P, P* (*fig. 532*) apoyan pequeñas piezas horizontales *C, C* de la longitud que ha de tener el arco y las cuales sirven para establecer la plataforma *A*, en la que se sientan las hiladas de ladrillo necesarias para formar la superficie cilíndrica *acb* ó de otra clase que ha de presentar el intradós del arco, cuya superficie se regulariza con mortero alisándola con la paleta y espolvoreándola últimamente con arena para que la fábrica del arco no se adhiera á ella. Cuando el arco es muy rebajado (*fig. 533*), esta clase de cimbra puede quedar formando parte de él, en cuyo caso no se espolvorea con arena; y como la curvatura del intradós se consigue con una hilada de ladrillo *ab*, ésta se adhiere bien al arco, presentando inferiormente la superficie plana del dintel. Esta operación sólo puede hacerse cuando el ladrillo ha de quedar cubierto por un revoque y se emplea yeso ó cemento en el mortero ó una cal excelente, como la de Extremadura, donde es empleado este sistema.

Para arcos de 2 á 4 metros de luz que se construyen con ladrillo, hacen también los albañiles las cimbras de un modo muy económico y sencillo. Consiste éste en colocar de uno á otro arranque unos palos ó tablas *ab* (*fig. 534*) y sobre ellos sentar unos pilaretes *P, P*, que con ayuda de ladrillos *s*, que salven la distancia entre ellos, forman la superficie quebrada *acob* inscrita en la del cilindro del intradós. Sobre esto se extiende mortero para formar la superficie cilíndrica de la boquilla, espolvoreándola finalmente con arena fina para que n[o] se pegue esta capa al intradós.

Análogamente se construyen también cimbra[s] económicas empleando yesones y yeso, con cuyo[s] materiales se hace la forma cilíndrica del arco.

801. CIMBRAS DE MADERA. — Las *cimbras* se componen de varios bastidores de mader[a] llamados *cerchas* ó *cuchillos*, los cuales se coloca[n] verticalmente y dan la forma del arco de intradós. Las cerchas más sencillas constan de un *tirante a[a]* (*fig. 375*), en cuyos extremos descansan dos tablones inclinados *ac, ec* llamados *camones*, los cuales presentan por su canto superior el corte qu[e] exige el intradós de la bóveda y se clavan entre s[í] ó se sujetan en otra pieza vertical *oc* llamada *pendolón*, fijada á su vez en el tirante. Cuando el grueso que debe darse á los tablones lo permite, la[s] uniones de unas piezas con otras se hacen á caja y espiga fijándose con cabillas. Estas cerchas se disponen á cierta distancia unas de otras sobre carreras colocadas á lo largo de los arranques y sostenidas por postes *P*. La superficie de intradós se completa con tablas que se clavan sobre los camones y sirven al propio tiempo para unir las cerchas entre sí, evitando que pierdan su verticalidad. Los camones se disponen también, como se ve en la *figura 350*, apeándose los laterales por *jabalcones J* cuando el arco exige mayor resistencia en la cimbra.

En arcos rebajados de sillería para puertas ó ventanas, la cercha consta de un solo camón *C* (*figura 351*), que descansa sobre una pieza *D* apoyada por sus extremos en postes *P, P*. En lugar de las tablas para formar la superficie de intradós del arco se pueden disponer debajo de cada dovela, como indica la figura, y de una á otra cercha, un listón fuerte ó ristrel llamado *costilla, apreste* ó *correa*.

802. Cuando los arcos ó bóvedas tienen más de 4 metros de luz ó anchura, exigen cimbras más resistentes que las descritas hasta aquí y entonces las cerchas se componen de otras piezas además de las anteriores.

La de la *fig. 535* tiene los camones sobre otras piezas inclinadas *ac, ac* llamadas *pares*, que se encuentran por su extremo superior *c* con el pendolón y se apoyan en el tirante *aa*; el pendolón sostiene por lo general á esta pieza por medio de un estribo de hierro *ee*. Sobre los camones *O, O* se clavan los aprestes ó correas *C, C* si han de sostener dovelas

de sillería ó la tablazón *atc*, si la bóveda es de ladrillo ú otros pequeños materiales. Los pares ensamblan en el tirante y en el pendolón por medio de un simple corte de espera, como los de las *figuras 174* y *178*, ó con las espigas representadas en las *176* y *177*, adoptándose uno ú otro ensamble según pidan las circunstancias en que el encuentro de las piezas se verifica.

Si la bóveda ó arco es de medio punto *(figura 525)*, la separación entre el arco y los pares resulta demasiada para que un solo camón pueda llenar el hueco, y se disponen en mayor número recibiéndolos en pares secundarios que apoyan en postecillos *pn* normales á los pares principales.

Cuando se teme la flexión de éstos, se coloca un puente *pp* de uno á otro como se indica de puntos y aun se refuerzan por su parte inferior con *sopares ps*. Las cerchas se unen además por medio de riostras que van de unas á otras, dispuestas en el primer caso en el punto *R* de contacto del pendolón con el tirante y en el segundo en el de cruce *R'* del puente con dicho pendolón, pues puede suprimirse la parte de éste comprendida entre el puente y el tirante. Los postecillos *pn* ensamblan á caja y espiga en los pares asegurándose con cabillas, así como los demás ensambles, que se hacen del mismo modo. Las riostras encepan al pendolón por pequeñas escopleaduras practicadas en ambas piezas, las cuales se aseguran además con pernos que atraviesan de una riostra á otra. La sopanda *pp* se junta al tope con los sopares, reforzándose si se considera necesario por alguno de los medios representados en la *fig. 431*.

Se construyen también las cerchas *(fig. 536)* con tablas ó tablones cortados en forma de dovela *aced*, *dexn*, uno de cuyos cantos, el *adn*, afecta la curva de la bóveda manteniéndose en la posición de la figura por medio de otras tablas *borh* recortadas del mismo modo y clavadas á las primeras á juntas encontradas. Según la anchura que han de salvar ó materiales de que se ha de construir la bóveda se consolidan ó no estas cerchas con pendolones *P* y *jabalcones J* indicados de puntos en la figura

803. Para bóvedas ojivales, las cerchas *(figura 537)* pueden formarse con dos tornapuntas *ts*, *ts* que sostienen una sopanda *ss* sobre la cual descansa un falso tirante *nn* que recibe el pendolón *P*, y los pares ó camones de los costados, y si es necesario los jabalcones que indica la figura, formando la parte superior de la cercha. Los camones de la parte inferior apoyan por sus extremos en piezas *B* normales á las tornapuntas, las cuales se refuerzan con *manguetas am*, que son unas piezas pareadas que las encepan y se aseguran con pernos, como se detalla en *M*. Estas manguetas dan gran resistencia á las tornapuntas, porque las impiden doblarse bajo el esfuerzo de compresión que les transmiten las sopandas. El tirante puede en muchos casos suprimirse si se sujetan bien los pies de las tornapuntas para evitar que se escapen de su apoyo. Otro sistema de cerchas ha sido dibujado en la *fig. 352*, cuya sola inspección hace comprender su estructura.

En las bóvedas por tranquil pueden disponerse las cerchas como aparece en la *fig. 508*, que por su robustez es capaz de sostener una pesada bóveda de sillería; de modo que, cuando haya de servir para materiales más ligeros, se puede simplificar quitándole algunas piezas.

804. Las exigencias de la obra hacen algunas veces (lo cual sucede con mucha frecuencia en los puentes) que no puedan apoyarse las cimbras más que contra los estribos, y entonces se tienen que construir las cerchas *recogidas (fig. 538)*. Cuando se apoyan en varios puntos á la vez se llaman *fijas* y en algunas ocasiones se construyen *mixtas*, sostenidos por sus extremos solamente, pero que se apoyan ó apean durante la construcción de la bóveda en cierto número de puntos fijos.

Las primeras, cuando pertenecen á pequeñas luces, pueden tener un equilibrio estable, por ser destruidas las presiones en los puntos fijos de los extremos; mas cuando tienen una gran luz, esto no es posible, porque si bien transmiten á puntos fijos una componente de la presión normal, la otra va á puntos que no están contrarrestados. El equilibrio en este caso se consigue, unas veces con una simple precaución, cual es la de hacer la bóveda por los dos lados á la vez con el objeto de que vayan contrarrestándose mútuamente, y otras veces cargando provisionalmente los puntos empujados. Las cimbras fijas tienen la ventaja de transmitir directamente todas las presiones por medio de puntales á puntos fijos.

805. Para la construcción de los arcos que salvan las aberturas de paredes, se emplean dos cerchas colocadas una en cada frente ó paramento; pero cuando las bóvedas son de gran longitud y poca luz se echa mano de cimbras portátiles llamadas *galápagos*, formadas de dos cerchas separadas de

1 á 2 metros y unidas por la tablazón que forma la superficie curva en que ha de descansar la bóveda mientras se construye. Estos galápagos se corren á lo largo de los estribos sobre carreras dispuestas en los arranques ó se separan de la parte construida, quitando los postes y carreras según exige el avance de la obra.

Las bóvedas en rincón de claustro exigen dos cerchas en sentido de las diagonales, ocupando los intermedios con porciones de cerchas que se determinan fácilmente por la montea. Para las bóvedas de arista, la cimbra se forma con cuatro cerchas en los arcos *acb, a'b'* *(fig. 516)* y dos más en las diagonales *a'c'b'' a''c'b'*. Puede también disponerse cimbra corrida en sentido de uno de los cañones, del mayor si son desiguales, y sobre ella formar las del otro cañón. Del mismo modo se establecen las cimbras de los lunetos en un cañón corrido. Sin embargo, si las bóvedas son de grandes dimensiones, habrá que colocar cerchas en el sentido de las aristas, y otras ó partes de ellas en el intermedio de las seis antes mencionadas.

Las cimbras de cúpulas que no se han de construir por zonas horizontales, se componen de varias cerchas dispuestas verticalmente en sentido de los radios, las cuales se ensamblan en un pendolón central llamado *nabo* y se enlazan por medio de tablazón amoldada á la curvatura de la bóveda. Pueden también formarse sobre una serie de postes regularmente repartidos alrededor del centro.

806. ELECCIÓN DE CIMBRAS.—Al proyectarse una cimbra debe tenerse presente que no es más que un medio auxiliar de construcción y por lo tanto deben disponerse con la mayor sencillez y menor número de ensamblajes y cortes posibles, si bien haciéndolos con esmero. De este modo, cada pieza pierde poco para volverla á vender ó emplearla en otro objeto. Además, la labra y arreglo de la escuadría debe limitarse á lo puramente necesario para el trazado, corte y buen asiento de los diferentes ensamblajes, economizando así la mano de obra.

Debe estudiarse, al establecer una cimbra, cual es el modo de obrar de las dovelas, pues en las cúpulas, por ejemplo, si se construyen por hiladas horizontales, solo hay que sostener provisionalmente las dovelas mientras se colocan las de una hilada, para lo cual bastan puntales. Después de cerrada la hilada quedan en equilibrio todas las dovelas y es excusado apearlas.

Antes de proyectar una cimbra se deben consultar varios modelos para acomodar al caso particular aquella disposición general que más se adapte al objeto, cuidando de que el peso de las dovelas obre todo lo más posible en sentido de las fibras de la madera, ya alargándolas, ya comprimiéndolas. Al mismo tiempo, debe impedirse que pueda levantarse el vértice de la cimbra cuando se cargue por los arranques ó poco después, y procurar que el conjunto forme una triangulación en la que los ángulos sean en lo posible iguales entre sí. La separación de cada pieza se hace así imposible por la invariabilidad de la forma triangular, resultando un sistema rígido donde todos los esfuerzos se transmiten á los puntos de apoyo.

807. CONSTRUCCIÓN DE LAS CIMBRAS.—En la construcción de las cimbras debe tenerse muy en cuenta la clase de esfuerzos á que debe estar sometida cada pieza para dar á los ensambles la forma que más convenga, asegurándolas bien por sus extremos y contando poco con la fuerza de las espigas, particularmente en las inclinadas que han de sostener peso de alguna consideración; por lo que deben emplearse cuchilleros de hierro ó manguetas. Siempre deben adoptarse los ensambles más sencillos, como la media madera para los que se hagan en ángulo, la barbilla sencilla en los de encuentro oblícuo y el rayo de Júpiter en los empalmes.

808. Las cerchas que han de componer una cimbra, se construyen junto al sitio donde se ha hecho su montea, presentando las diferentes piezas en la posición en que deban estar para señalarles bien la dirección de sus cortes y forma de sus ensambles. Luego se arman sobre el mismo piso ajustándose su contorno al trazo, rectificándolo si es necesario y transportándose después al sitio de su colocación.

Cuando las bóvedas son de una luz grande, el transporte de las cerchas armadas es peligroso y por lo tanto debe evitarse, armándolas en la misma obra y en el suelo, con el objeto de poderlas colocar verticalmente dándoles un cuarto de conversión y elevarlas al sitio de su emplazamiento.

Cuando esto no es posible, hay necesidad de armar las cerchas en el taller, desarmarlas para transportarlas y volverlas á armar en su sitio, valiéndose de andamios.

Una vez fijadas las cerchas, las correas ó la tablazón no ofrecen dificultad alguna para su colo-

cación; debiendo clavarse, porque esto aumenta considerablemente la resistencia de las piezas á la flexión, además de que contribuye á asegurar los cuchillos.

El espaciado ó separación de las correas ó tablones depende de la clase de fábrica de que se hayan de construir las bóvedas. En las de sillería, basta que haya una fila de correas debajo del medio de cada hilada, de manera que las juntas queden al descubierto para poderlas reconocer. En las que se hagan con rajuela, lanchas ó losas, el espaciado será menor, y finalmente, cuando la fábrica sea de ladrillo, de mampostería ó de hormigón, deberán estar unas junto á otras formando una superficie continua sobre la que puedan los operarios trabajar. Colocados de este modo los tablones, forman ya por sí solos una especie de bóveda que permite aligerar considerablemente los cuchillos. En todos casos, es preciso reducir la anchura de los tablones ó correas al doble ó triple de su espesor porque de este modo es más fácil regularizar la superficie y se necesita menos madera para igual resistencia.

Al colocar los cuchillos, es preciso *contraventearlos;* es decir, unirlos entre sí por piezas horizontales ó inclinadas formando cruces de San Andrés para que no puedan separarse de su posición vertical. Las correas y la tablazón bastan muchas veces para este objeto.

809. Al descimbrar una bóveda, sufre cierta compresión el mortero de las juntas, que produce un descenso en el vértice de la bóveda tanto mayor cuanto más juntas hay.

Para precaverlo, algunos dan á la cimbra cierto peralte, fijado al acaso, pues que no hay sobre esto regla alguna (*a*); por lo que otros aconsejan que se haga la cimbra con la curva del proyecto, pues siempre se tiene el recurso de repasar su intradós. Con este objeto, muchos constructores dejan sin labrar las boquillas de las dovelas.

Es muy importante y no debe echarse en olvido al disponer una cimbra, la manera de hacer el descimbramiento ó sea de quitarla de debajo de la bóveda sin que ésta se resienta, á cuya operación hemos de dedicar un artículo. Conocido lo que en este punto hemos de decir, será fácil tomar las medidas más convenientes para facilitar dicha operación.

ARTÍCULO III

Ejecución de las bóvedas y arcos

810. ADVERTENCIAS.— Antes de explicar cómo deben ejecutarse las bóvedas, conviene hacer algunas observaciones que más bien pertenecen á la estereotomía.

Las juntas de lecho, especialmente, exigen la mayor exactitud en su labra, pues que la presión se transmite de una dovela á otra perpendicularmente á la superficie de las juntas y es necesario que ambas piedras se toquen en el mayor número de puntos que sea posible, á fin de que la presión sea menor en cada uno. Para que esto sea fácil, debe hacerse la superficie de las juntas de la naturaleza más simple, por lo que son ordinariamente planas; y cuando hay precisión de que sean curvas, se adoptan aquellas cuya generación sea la más simple y fácil de ejecutar, cuales son las engendradas por el movimiento de una línea recta y que puedan ser desarrollables.

Otra de las condiciones que deben tener las juntas, es que sean perpendiculares á la superficie de intradós; porque si no es así, la piedra que tenga el ángulo obtuso tendrá más resistencia que la otra, cuya desigualdad perjudica á la solidez. Por lo mismo, cuando la junta ha de ser curva conviene que la línea generatriz sea normal al intradós, y si se desea, además, que la superficie de la junta sea desarrollable, es necesario que todas las normales que componen, por decirlo así, la junta, se hallen dos á dos en un mismo plano.

811. Los nichos ó hemiciclos necesitan para la

(*a*) Según Claudel, una bóveda de sillería de medio punto de 3^m de luz con 14 juntas de 0^m015 descendió 0^m0015. Otra de la misma fábrica, de 16^m luz y 1^m4 de flecha, bajó 0^m12 teniendo 40 juntas, y otra de 11^m luz, 2^m75 flecha construida de ladrillo, bajó 0^m14 que es lo que yo he observado también en bóveda de la misma luz y 2^m24 de ságita.

El puente de San Salvador (Santander) de 3 arcos de sillería de 21^m de luz y 6 de ságita, carpaneles de 5 centros con 72 juntas, sentadas las dovelas sin mortero, bajó desde 0^m04 hasta 0^m12 y el de Revilla, de un arco de la misma luz y forma, no hizo descenso sensible.

Los puentes de piedra de Nemours y Neuilly cuyos arcos, escarzanos los del primero y carpaneles los del segundo, tienen 13 y 60 metros de luz respectivamente por 1^m12 y 1^m36 de flecha, descendieron 0^m20 el de Nemours y 0^m65 el de Neuilly.

estabilidad que sus piedras estén engrapadas ó que se formen de fajas verticales considerando en la horizontal el polo de la bóveda. Por el contrario, las bóvedas esféricas están en equilibrio en el momento que se cierra cada una de sus hiladas horizontales.

Las piedras que corresponden á los encuentros de las bóvedas compuestas, como son las aristas de las de este nombre, la intersección de una pechina con un arco toral ó muro, ó con el cimborio, etc., no deben terminar en la misma arista, sino que á la vez han de formar parte de ambas obras para que haya una perfecta trabazón y el todo sea una masa compacta y unida. Á mayor abundamiento conviene engrapar las dovelas unas con otras.

La piedra que cierra una bóveda de crucería es clave de todos los arcos cruceros y forma parte también de las bóvedas parciales que en este punto rematan el techo, adornándose con un florón ú otra moldura por su parte inferior.

En la ejecución de toda clase de bóvedas se cuida además de la colocación de ganchos, garfios ó anillas para colgar las arañas ó luces y aun los andamios para su pintura ó para la restauración del intradós.

812. BÓVEDAS DE SILLERÍA, SILLAREJO Y PIEDRAS REGULARIZADAS.—Para proceder á la colocación de las dovelas, se empieza por señalar sobre la tablazón de la cimbra las líneas que marquen las juntas de cada hilada, por medio de reglas, fijando antes puntos intermedios con auxilio de miras ó con un cordel que se pone tirante de uno á otro extremo ó cabeza de la bóveda.

El asiento de las dovelas puede hacerse como en los muros, á hueso ó á baño de mortero, el cual debe tener un espesor de 15 $^m/_m$ en bóvedas de grandes dimensiones y unos 8 en las pequeñas, cuidando de que no llegue á la cimbra para que no produzca un levantamiento de la arista de la dovela que perjudique á la solidez ni haga rebabas en el intradós.

Se empieza por poner las dovelas de cabeza ó extremos de las dos hiladas de arranque para que sirvan de guía en la colocación de las intermedias, valiéndose para ello de cordeles tirantes; continuando del mismo modo las demás hiladas hasta la de la clave, pero por ambos lados á la vez y atendiendo á que las juntas de lecho sean normales al intradós (excepto en las adinteladas) para lo que, en cada una de las dos cabezas de la bóveda, se tiene un hilo sujeto en el centro de la curva, el cual, colocado tirante, indica la dirección del radio y por lo tanto de las juntas. Si el centro está muy bajo y no puede tomarse el radio directamente, se señalan como registro sobre los tirantes ó piezas de la cimbra las direcciones del radio de cada junta ó se emplea para la colocación de las dovelas el baivel *(fig. 12)* hecho con arreglo á la montea, uno de cuyos lados ab, que tiene la forma del intradós, se ajusta á él y el otro ac indica la dirección del radio. En bóvedas elípticas ó carpaneles en que habría que construir tantos baiveles como centros, se hace uso de un *cuadrante (fig. 539)*. Éste se arregla préviamente sobre la misma montea colocando su lado db según el radio de cada junta y señalando en el círculo ca la dirección de la vertical. De este modo, adaptando una plomada al radio correspondiente á la junta que se desee, la inclinación de ésta la dará el lado db. Se sustituye este cuadrante trazando en la montea una línea vertical en cada dovela que señalada en la piedra respectiva sirve para colocar ésta en su posición, teniendo cuidado solamente de que dicha línea en la dovela corresponda con la vertical de una plomada.

Estos medios son insuficientes cuando las bóvedas son de importancia por su gran luz, como sucede en los puentes, y en este caso se fija la posición de las hiladas tanto en el intradós como en el trasdós por medio de coordenadas rectangulares que se calculan al efecto ó se miden en la montea: las abscisas se señalan en un reglón ó línea horizontal independiente de la cimbra y de todo movimiento para que no tenga variación alguna, y sobre ella se levantan las líneas verticales de las ordenadas que con su medida dan con exactitud los puntos deseados.

Las dovelas toman la posición que marcan estos medios, calzando sus boquillas con taruguillos ó cuñas de madera, y una vez asegurado de que está en su sitio, se la afirma golpeándola con un mazo de madera para no desportillarla. Se repasa después el sobrelecho para sentar la hilada superior, y así como en la construcción de muros, se cuida aquí de que las juntas de una hilada estén encontradas con las de la inferior.

Se lleva la construcción de la bóveda con la mayor igualdad posible en ambos lados, empleando la misma clase de mortero para uno y otro con objeto de que las presiones sobre la cimbra se hagan equi-

librio y no la desconcierten, no debiendo empezar una hilada sin estar terminadas las dos inferiores correspondientes.

La clave y contraclaves no se labran hasta estar asentadas todas las demás hiladas, con el objeto de tomar con exactitud el espacio que queda para ellas y darles las dimensiones justas para que ocupen bien todo su sitio. Hecha la labra, se colocan las contraclaves y luego se cierra la bóveda introduciendo á fuerza de mazo las claves de los dos extremos (y aun alguna del medio si la longitud demasiada de la bóveda lo exige) hasta que su boquilla toque la cimbra y más todavía si se ve que no ocupa bien el espacio destinado á ella; con cuyo objeto al labrarla se deja siempre más larga de lo necesario para poderla cortar ó para que quede saliente como adorno. En este caso se suprime la correa ó apreste correspondiente, porque le impediría bajar. Antes de esto se extiende mortero fino sobre las contraclaves para recibir la clave. Se colocan también en seco las contraclaves y clave, separándolas lo que han de tener las juntas de espesor, el cual se rellena después con cemento amasado en lechada. Introducido este mortero se mueve un poco cada dovela para que penetre bien en toda la junta ó se emplea para ello la fija *(figura 306)*.

813. Cuando dos arcos ó bóvedas descansan en pilares ó columnas que tienen la anchura suficiente para que de ellos arranquen con todo su espesor, se aparejan y ejecutan como si fueran independientes; mas si el ancho del apoyo no lo permite, como se ve en la *fig. 540*, se hacen partir ambos arcos de un sillar común S, el cual tiene los salmeres correspondientes, es decir, que la primera hilada pertenece á ambos y su sobrelecho presenta la inclinación oc, oc, de los dos radios. Lo mismo pudiera hacerse en la segunda hilada, pero esto ocasionaría montacaballos como los de A y B de la *figura 347* y además gran desperdicio de material, por lo que se forma de ordinario con dovelas A, A *(fig. 540)* que estén en mútuo contacto, llenando en la tercera hilada y las sucesivas el hueco que resulta con sillares B, B, B. De este modo quedan trabadas ambas bóvedas y el apoyo solo sufre un esfuerzo vertical debido al peso de las bóvedas cuando éstas tienen igual radio y forma, pues los empujes que producen se anulan los de una con los de otra.

Si los arcos opuestos mútuamente son más de dos, parten todos también de un sillar común, siguiendo después cada uno con dovelas independientes, pues por lo general se separan bastante para que puedan ser abarcados por un sillar. En las bóvedas de crucería, ya porque las ojivas son de mucho peralte, ya porque son muchos los arcos, pueden comprenderse dos ó más en cada sillar y aun todos ellos en ciertos casos, labrando entonces horizontalmente la parte poligonal Z *(fig. 541)* que en el centro se proyecta verticalmente sobre el apoyo, y con la inclinación que pida su centro la parte saliente de cada arco. En ciertas ocasiones se verifica esto respecto de algunos como los A y B, dejando el intermedio C para otra piedra que puede entonces abarcar también la hilada superior montando sobre el lecho C' y ocupando el espacio comprendido entre el plano vertical $abcd$ y los laterales deb y acf. Las dovelas sobre los lechos A y B, pueden análogamente montar sobre las partes salientes A', B', y continuar de este modo trabando unos con otros los sillares ó dovelas hasta que su separación del macizo central Z no lo consienta.

814. Las bóvedas de sillarejo se ejecutan como las de sillería si se les ha dado la forma de cuña; pero si no, se colocan á baño de mortero, cuidando que sus juntas de hilada sean normales al intradós, para lo que se calzan por el trasdós con ripio, el cual ocupa con el mortero la diferencia de espesor y mantiene las piedras en su posición. Lo mismo debe ejecutarse con las bóvedas construidas con rajuela, lancha, losa ó mampuestos regulares, á los que siempre que se pueda se debe dar la forma de cuña.

815. BÓVEDAS DE LADRILLO Á ROSCA.—Las bóvedas de ladrillo pueden construirse de diferentes maneras, según el objeto é importancia que han de tener. Se hacen de ladrillos colocados de canto sobre la cimbra por hiladas horizontales, ya sea á soga, ya á tizón ó de ambas maneras combinadas *(fig. 509)*, pudiendo trabarse como en los muros cuando el espesor de la bóveda es mayor del largo de un ladrillo según se ve en la *fig. 542*. En esta disposición llamada *á rosca*, el mortero de las hiladas presenta un grueso mucho mayor en el trasdós que en el intradós, siendo la diferencia de consideración en las bóvedas de grande curvatura por lo que hay que acuñarlas con lajas ó lanchas introducidas por el trasdós en el mortero.

Este inconveniente se evita dividiendo la bóveda en varias, en el sentido de su espesor *(fig. 543)*,

con el objeto de que las juntas no ensanchen mucho hacia el trasdós y no haya que poner tanto mortero. Se lleva esta división hasta componer la bóveda de tantas sobrepuestas cuantos son los ladrillos que puede contener su espesor, como se ve en la *fig. 544*. Este sistema tiene la desventaja de que como los asientos de cada bóveda son desiguales, el que lo ha hecho mayor queda descargado y gravitan los esfuerzos sobre los otros. Para evitar esto, se pueden enlazar á trechos, ó con hiladas de ladrillos *aa*, en aquel punto donde cada dos roscas tengan sus lechos en un mismo plano, ó con losas que abarquen todo el espesor de las dos. Se ensanchan también las juntas en las roscas exteriores (para lo cual se acuñan como se ha dicho), de manera que haya el mismo número de hiladas en ambas roscas dentro de la zona comprendida entre cada dos trabazones. Si son más de dos las roscas concéntricas, se alternan las trabazones como aparece en la figura.

El primer procedimiento es preferible, sin embargo, en bóvedas de gran radio, pudiendo adoptarse el de anillos concéntricos en las de pequeña luz, con lo que la fábrica resulta más igual y homogénea, pues carga más uniformemente sobre la cimbra y son menores los asientos.

Donde son muchas las bóvedas de la misma luz que deben construirse, conviene fabricar ladrillos especiales cuyo canto sea más grueso por un lado que por otro, para que presenten la forma de dovela.

816. En todos casos, los ladrillos se sientan normales al intradós y sobre una capa de mortero extendida en el lecho, de modo que no llegue á la cimbra. El ladrillo se comprime contra ésta al colocarlo para que su boquilla quede libre de mezcla y no ofrezca el mal aspecto que las rebabas presentan cuando el ladrillo ha de quedar al descubierto.

Para colocar los ladrillos normales puede emplearse un hilo sujeto en el centro y que indique el radio ó el baivel *(fig. 12)*, la escuadra *(fig. 13)* ó el mismo ladrillo cuyos ángulos sean rectos.

La trabazón de los ladrillos debe procurarse aquí como en los muros, colocándolos alternativamente á soga y á tizón. No obstante, en bóvedas de revolución pueden ponerse todos á tizón en las boquillas porque en este caso, cuanto menor sea el lado de los ladrillos que formen el intradós tanto más regular quedará su superficie.

Las demás reglas dadas para la construcción de muros y de bóvedas de sillería son aquí aplicables cuidando además de que los ladrillos sean porosos, es decir, construidos con arcillas no muy finas y que la mezcla sea bastante trabada.

En ciertas obras se ha empleado el sistema de dividir la bóveda en dovelas *(fig. 545)* componiendo cada una de ladrillos colocados de diferentes maneras. Al hacerlo así, debe tenerse cuidado que el ancho *ab* sea menor que el espesor de la bóveda *bd*.

En dinteles puede adoptarse la disposición indicada en la *fig. 546*, sentando los ladrillos en dirección *ac*, *bc* del centro, ó paralelos á los salmeres *ds*, *ds* *(fig. 547)*, llenando el prisma triangular que queda para clave con ladrillos colocados del mismo modo, pero apoyándose los de un lado en los de otro alternativamente ó sentando unas hiladas á nivel. El medio de la *fig. 546* da un grueso desigual en las juntas y exige que se acuñen por el trasdós, por lo que se divide el arco en dos ó más anillos concéntricos ó se adopta el procedimiento de la *fig. 547* cuando la bóveda ó arco es de poca anchura ó luz.

817. Las bóvedas de cañón que tienen el mínimum de espesor posible, se deben reforzar á trechos de tres metros próximamente con arcos dobles de más ó menos anchura (de un ladrillo á dos) que se ejecutan al mismo tiempo que la bóveda, dando este exceso de espesor por el trasdós para que no se vea ó para facilitar su construcción, pues de hacer esta salida ó resalto por el interior habría que reformar la superficie de la cimbra.

Para bóvedas de cañón que tienen mucha longitud no se construyen cimbras en toda su extensión sino que se reducen á una sección, y cuando ésta se ha terminado, se corre la cimbra para la siguiente, teniendo cuidado de dejar en la extremidad de la bóveda que se construye las adarajas ó ladrillos entrantes y salientes que se consideren necesarios para que pueda trabarse con la siguiente fábrica.

818. Las intersecciones de bóvedas se construyen como las á que corresponden sentando los ladrillos hasta su mútuo encuentro *(fig. 548)*, de modo que traben unos con otros y cuidando de llevar bien determinadas las aristas: se acostumbra también á formar éstas con ladrillos puestos normalmente á su dirección *(fig. 549)*, lo cual ofrece más resistencia; pero si se prolongan las hiladas normales á la arista hasta los arranques, los encuentran con una notable oblicuidad. El aparejo de las hiladas está indicado en las *figs. 550* y *551*,

para que las juntas estén encontradas y resulte además un refuerzo en el trasdós.

Las aristas se forman en algunos casos con arcos cruceros independientes ó en los que traban las bóvedas, como se representa en la *fig. 552*. Los arcos *BB* se enlazan con las bóvedas de encuentro *AA* (cuyas hiladas no se dibujan para evitar confusión en la figura) por medio de enjarjes *ba*, *ad*, ó sean hiladas en número de dos ó tres que se van haciendo de cierta en cierta altura, según se van construyendo los cañones *AA*. Sirven estas hiladas ó enjarjes no sólo para la trabazón sino también para que pueda formarse la arista contra el arco *BB* apoyando sobre ellos las partes triangulares salientes indicadas en *a*. Es preferible, sin embargo, dejar estos arcos aparentes cortando al efecto las citadas partes triangulares *a*.

En las obras del estilo ojival *(fig. 527)* se construyen las aristas de intersección generalmente de sillería apoyándose sobre ellas las bóvedas parciales de la manera que se detalla en las *figs. 553 á 556*. También pudieran construirse con ladrillo cortado de la forma conveniente, y hoy que el empleo del hierro está tan extendido, podrían formarse de piezas de fundición que, como moldeadas, son susceptibles de decorarse como se quiera. De todos modos, las aristas deben estar reforzadas con un espesor mayor que las bóvedas de que se originan, y todas ellas han de tener una clave común.

819. Cuando se encuentran las bóvedas ó arcos en un apoyo común, se adopta la misma disposición que en las de sillería (813), haciendo insistir sobre los arranques únicamente la primera ó primeras roscas *A*, *A* *(fig. 557)* é interrumpiendo las otras antes de encontrarse cuando pueda sentarse entre ellas un ladrillo de tizón *a* al menos, cortándose los inmediatamente inferiores con la inclinación que el buen asiento de la rosca exija.

820. Siendo las líneas de curvatura de una bóveda esférica los meridianos y paralelos, aquéllos forman los planos de junta y los lechos serán las superficies cónicas engendradas por las trazas normales á los meridianos; de modo que cada hilada será horizontal y se mantendrá su equilibrio en virtud de las presiones horizontales ó perpendiculares á los planos de junta, y esta clase de bóvedas podrá construirse sin cimbra sirviéndose de un reglón como radio *(fig. 558)*, el cual tenga un descantillón *c* en el punto que determina su extremo, el cual sirve, además, para sostener el ladrillo asentado ínterin se coloca otro, pues que entonces ya se halla encajonado y no puede salir de su sitio.

Cuando la curva generatriz de la bóveda de revolución es carpanel ó afecta cualquiera otra figura, puede servirse de una media cercha que tenga la curvatura debida y que pueda girar alrededor de su eje de rotación.

En cúpulas al descubierto que, como se ha dicho (795), deben componerse de dos bóvedas, la exterior ha de construirse primero, no procediéndose á la ejecución de la interior hasta que, terminada la cubierta, haya seguridad de que no hay filtraciones en tiempo de lluvias, pues éstas deteriorarían las pinturas y hasta podrían destruir la bóveda interior si ésta, como es lo general, se fabrica de tabicado con yeso, como luego se hablará.

Las pechinas de fábrica á rosca se empiezan á construir por su centro, adoptándose el aparejo horizontal cuando el crucero tiene boquilla y no ángulo recto. Se pueden también sustituir con arcos *ab*, *ab* *(fig. 559)* que se voltean de uno á otro arco toral, y también con ménsulas como las que aparecen en la *fig. 560*, donde la parte triangular de la pechina se salva con una bovedilla de figura de huso esférico ó concha sobre la que se levanta la pared ochavada *aacc*, que sirve de apoyo á las ménsulas.

En el estilo árabe se llenan las pechinas, como se ha dicho (790), con estalactitas *(fig. 561)*, que aquí son una serie de bovedillas apiñadas colocadas á distintas alturas.

821. BÓVEDAS DE HOJAS.—Se hacen bóvedas colocando los ladrillos por hojas verticales ó inclinadas, de modo que el canto *(fig. 510)* vaya formando un polígono circunscrito á la curva de intradós.

Para estas bóvedas basta una pequeña cimbra movible á lo largo de carreras ó largueros de madera colocadas debajo de los arranques. La cimbra puede componerse de uno ó dos cuchillos distantes 0^m5 á 0^m7 y cubiertos de tablas. Colocada esta cimbra en el extremo de la bóveda por donde se ha de empezar, cada uno de los dos albañiles destinados á hacerla, coge un ladrillo y lo cubre de mortero por la cara que ha de unirse con el testero y por el canto que ha de descansar en el salmer hecho en los arranques, lo aprieta en su posición para que el mortero rebose y sigue así colocando los ladrillos sucesivos contra el testero de la pared y contra el canto del colocado anteriormente hasta

llegar al vértice del arco donde se corta el ladrillo á la medida del hueco que queda, formando así la primera hoja. La otra se asienta contra ésta del mismo modo; pero cuidando de que los ladrillos se hallen á juntas encontradas con los de la anterior. La cimbra se va corriendo poco á poco sobre los largueros para seguir adelante dejando ya al aire la bóveda según se va construyendo. Para esta clase de bóvedas pueden fabricarse ladrillos á propósito que tengan en sus caras la forma de dovela.

La disposición de los ladrillos puede ser diagonal, como se representa en planta y alzado en la *fig. 562*, de manera que, partiendo de los arranques, vayan á encontrarse en el centro ó al contrario, cuidando al mismo tiempo que las juntas de una hilada estén encontradas con las de otra, para lo cual hay que partir los ladrillos en algunos puntos.

822. BÓVEDAS DE HOJAS, SIN CIMBRA. — En Extremadura se construyen las bóvedas sin cimbra, empleando las excelentes cales que el país proporciona.

Suponiendo que se trata de una bóveda de cañón *(fig. 563)*, se hacen dos arcos A, A', B, B' en sus extremos, y luego al aire y á rosca la parte inmediata á los arranques ab hasta el plano de resbalamiento (798), para lo que se sirven de cordeles tirantes como en los muros, sujetos en dichos arcos, que hacen de directrices. Hechos los *arranques*, que así es como llaman á esta parte de bóveda ab, $a'b'$, se procede por dos albañiles de cada lado á colocar los ladrillos por los rincones de los arranques, como indica la figura, para llegar á obtener en toda la extensión de cada arco una hoja inclinada $cd, c'd'c'$.

Para comprender este aparejo, supongamos que una vez construida á rosca la parte de bóveda desde los arranques hasta el ángulo de resbalamiento y apoyando en el plano superior de la última hilada como salmer y á cierta distancia de la pared testera ó arco de cabeza, se voltea un arco vertical de hoja y se le hace girar alrededor de la línea que une sus arranques como charnela hasta que se apoye sobre el arco de cabeza ó muro y tendremos la hoja inclinada cd, $c'd'c'$; esto no es rigorosamente exacto, pues para serlo se necesitaría que el arco fuese elástico y que al girar adoptase la forma de las secciones causadas en el cilindro por un plano vertical que girase alrededor de la traza horizontal que pasa por los arranques.

Una vez hechas por los dos lados ó extremos (la bóveda las hojas cd, se pone un cordel tirante (vértice á vértice de los arcos de cabeza A, B y s: otro auxiliar que el ojo del albañil se siguen senta do hojas de ladrillo inclinadas contra uno y otro arc hasta que se encuentren en D. Para ello, como l ladrillos se sostienen perfectamente sobre estas su perficies inclinadas con sólo la adherencia del mo tero, cada uno de los albañiles destinados á con truir esta clase de bóvedas extiende por su par una capa de mortero bien trabado en la parte c bóveda que le corresponde, no sin haber regad antes los ladrillos de la hoja precedente; riega tan bién esta mezcla después de alisada con la paleta procede á sentar ladrillos unos junto á otros com primiéndolos contra el mortero y trabando sus ju tas con los de la hoja anterior, empezando por l arranques y cortando el ladrillo de la clave á la me dida del hueco que queda. Se ripian luego los es pacios angulares que resultan entre un ladrillo otro por la diferencia de desarrollo que hay entr el trasdós y el intradós y se repite la operación d regar y sentar ladrillos del mismo modo hasta qu ambas secciones de la bóveda se tocan por su arranques D; en cuyo caso el cierre de la bóved puede hacerse como se quiera, pues presenta form de cuña. Se sientan, sin embargo, ladrillos todo al rededor, es decir, unos á rosca en la dirección d D á o y otros siguiendo las hojas inclinadas for mando unas como pirámides truncadas cuadrangu lares que se reducen poco á poco hasta el vertic de la bóveda donde la clave es una pirámide for mada por cuatro ladrillos inclinados.

Como se ve, no se emplea cimbra de ninguna especie, y el oficial, sin más recurso que el corde del vértice, va colocando los ladrillos á ojo en l dirección de las boquillas de los arcos de cabeza aunque dándoles un pequeño peralte por lo qu desciende cada bóveda al verificar su asiento.

Los arcos directrices se construyen sobre una ligera cimbra como la de la *fig. 534*, ya á rosca, ya con ladrillo de canto. En este caso, se forma una hoja vertical y á sus lados se van adosando las hojas sucesivas partiendo de los cuatro rincones á la vez; pues que como por sí sola no tiene suficiente resistencia para aguantar la presión lateral de las hojas, se hace preciso esto para que las presiones se neutralicen.

823. Las bóvedas por arista se construyen del mismo modo haciéndose todos los cañones á la vez,

con objeto de que no haya desigualdad en los empujes y que puedan formarse las aristas con exactitud. Para esto se cuelga una plomada del punto de encuentro *c*, de los diferentes hilos directrices *hc, hc (fig. 564)* donde se representa en planta y alzado al encuentro de dos semicañones, y como las aristas están en el plano que pasa por la vertical así formada, es fácil llevarlas bien, haciendo que coincidan con la visual dirigida por el hilo de la plomada. Los ladrillos (que hay que cortar en los ángulos de encuentro) montan unos sobre otros comprimiéndolos por su canto.

Para sacar bien los aristones introdujo el señor Vila, comandante de Ingenieros, una modificación. Consiste en colocar cuatro hilos ó tendeles horizontales en el mismo plano para obtener cada punto que se desea: al efecto se dividen los arcos de cabeza en un mismo número de partes iguales y se les pone la misma numeración; se unen con cuatro cordeles las divisiones opuestas que tienen el mismo número y están en el mismo plano horizontal, con lo que sus intersecciones serán las de las generatrices rectilíneas de los cilindros, es decir, los puntos de los aristones. Cuanto más se multiplique el número de divisiones y más veces se pongan los tirantes ó cordeles, más puntos se obtendrán y más exactos saldrán los aristones.

Cuando las intersecciones son de lunetos, se hacen estos empinados (787) consiguiéndose una gran estabilidad de este modo, pues los ladrillos que se parten en los ángulos de encuentro quedan más rectangulares y más tendidos hacia el horizonte, formándose una bóveda á rosca cuya curva es elíptica *oe (fig. 520)*.

824. La construcción de las bóvedas vaídas denominadas de *tapa de coche*, es análoga á las de cañón y arista explicadas, aunque con alguna diferencia. Se empieza por los cuatro ángulos que forman las paredes ó arcos en que se apoya haciendo unas cuatro ó cinco hojas que arrancan primero de un arco, del *cd* por ejemplo *(fig. 565)*, y se encorvan á descansar sobre el otro *ab;* después se apoyan otras tantas hojas en la última hecha, que van á recostarse sobre el arco *cd*, y así se continúa apoyando las hojas sobre la sentada últimamente hasta que se llega á los vértices de los cuatro arcos, en cuyo caso se sigue sentando hojas todo alrededor hasta cerrar la bóveda con una pirámide de base cuadrangular cuyo vértice se halla en el centro del intradós. Pudiera adoptarse también el sistema de hiladas por zonas de lechos cónicos, según aparece en la *fig. 566*, ó el de hacerlas paralelas á los arcos de cabeza ó paredes *(fig. 567)*, de modo que se encuentran en la curva meridiana *am* que parte del asiento inferior de la pechina.

Ya sea que esta clase de bóvedas se apoyen en muros ó se apoyen en arcos, es necesario dar á los muros ó á los arcos un corte oblícuo para que descansen ó apoyen en él las primeras hojas de ladrillos.

825. Todas estas bóvedas se hacen por los albañiles del país con una ligereza extraordinaria, y con ellas constituian la mayor parte de los techos de los pisos bajos de las casas, haciéndose combinaciones de bóvedas que se decoraban por sus aristas.

Sobre el trasdós, extienden una lechada de mortero para que cubra las juntas, especialmente de las cuñas, á cuya operación llaman *caldear* la bóveda.

Debe advertirse finalmente, que el medio más poderoso para la ejecución de estas bóvedas es la excelente cal que el país proporciona, pero que podrían construirse igualmente con cales hidráulicas ó con yeso.

526. BÓVEDAS TABICADAS CON YESO. —Cuando se emplean mezclas de pronto fraguado como el yeso, los cementos, etc., y materiales de gran adherencia como los ladrillos, se hacen bóvedas con éstos sentados de plano llamadas *tabicadas*, pues no son más que tabiques que afectan la forma curva, siendo de tabicado *sencillo* cuando constan de una capa de ladrillo ó de una *alfa* y de tabicado *doble*, cuando constan de dos.

El asiento de los ladrillos se hace como para formar un tabique cubriendo con mezcla los cantos ó bordes que han de unirse con los colocados anteriormente y mediante lo cual se han de sostener.

Merced al pronto fraguado de las mezclas, la construcción de estas bóvedas puede ser sin cimbra, verificándose por filas oblícuas de la manera siguiente:

En la pared testera *T, T' (fig. 568)*, se traza la curva de intradós *fxx*, y sobre ella se hace una roza donde se sujetan ó empotran con yeso ó cemento á partir de ambos arranques los medios ladrillos *a,c,e,o,s*, hecho lo cual, se colocan luego los *a,b,d,n*, y después, á partir de los arranques, las carreras oblícuas de ladrillos *c' b' a'', c' d' a''* que de este modo encajan entre los anteriormente colocados, pudiendo muy bien sostenerse por la adheren-

cia de la mezcla con que se han cubierto los bordes de contacto y porque descansan sobre la mano del oficial el tiempo necesario hasta que pueda abandonarlos sin temer su caida ó la deformación de la boquilla.

Para la mayor regularidad del intradós y para la celeridad del trabajo puede hacerse uso de una cercha como la de la *fig. 350* ó *535* sobre la que descansen los ladrillos mientras se concluye cada fila. En este caso, después de colocados los a, c, e (*figura 568*) se sientan, á partir de los dos arranques, los ladrillos b, d, n, r, t, luego los a', c', e', o'... sobre la cercha; se corre ésta un poco y se colocan los a'', b', d', n' y así se continúa corriendo la cercha y colocando ladrillos alternados, con lo que la mitad de cada uno se encuentra encajonado entre los adyacentes y la otra mitad descansa sobre la cercha. De todos modos, en cañones corridos de mucha longitud deben colocarse las cerchas de trecho en trecho (2 á 3 metros) elevando la clave de 4 á 5 centímetros á fin de que si desciende algo la bóveda pueda regularizarse con el revoque.

827. Las medias naranjas y en general las bóvedas de revolución pueden también construirse con el reglón de la *fig. 558* ó con una media cercha que gire alrededor de su eje de rotación.

De las bóvedas por tranquil que se construyen para el establecimiento de las escaleras, se tratará al hablar de éstas.

Si la bóveda ha de tener más de una capa de ladrillo se sentará la superior con yeso claro bien batido, cuidando de que los ladrillos que la formen traben con las juntas de la capa inferior extendiendo antes entre ambas capas una tortada de mezcla que las una para formar de las dos un cuerpo. Á pesar de estas precauciones, cuando la bóveda es muy rebajada se desprende algún ladrillo de la capa inferior.

828. Las intersecciones de las bóvedas deben determinarse bien, tanto en las cimbras como en la ejecución. Dos métodos hay de colocar los ladrillos en los ángulos de encuentro, consistente el uno en hacer las hileras paralelas á la directriz de las bóvedas componentes y el otro en fijarlas normalmente á la arista de intersección. El primero no necesita cortes de ladrillo más que en dichas aristas estando comprendidas las hileras entre planos normales al intradós; el segundo, representado en la *fig. 569*, tiene la ventaja de que es más sencillo el corte de los ladrillos en la intersección, ab, $a''b'$, pero en cambio se cortan en todo lo largo $a'b$ del vértice á los arranques y las juntas son superficies helizoidales, si bien normales á la curvatura de la bóveda.

En las bóvedas por arista deben éstas reforzarse por el trasdós, consiguiéndose mejor resultado con la construcción encima de otra bóveda vaída. Puede también aligerársela de la carga de los pisos, si sobre ella han de establecerse, haciendo descansar el solado en maderos de suelo.

829. En las bóvedas de crucería ó reticulares (*fig. 528*), cuyos nervios son arcos de ladrillo á rosca, las bóvedas tabicadas tienen su aplicación para cubrir los espacios de la red, adoptándose las disposiciones que se representan en la *fig. 570*. En la parte A las hiladas siguen la dirección de las líneas generatrices de la bóveda lo cual obliga á cortar los ladrillos en ángulo oblícuo al encontrarse con los nervios ca, cb. Si se emplea el medio indicado en B, la construcción puede llevarse á cabo sin cimbra, pues cada hilada forma un arco y los ladrillos, si bien se encuentran normalmente lo mismo contra los nervios ac, ce, que al cerrar la bóveda en el vértice ó cumbre cf no haciéndose cortes oblícuos, en cambio los necesita, sea al encontrarse con la pared ó arco proyectado en la línea afe, sea al empezar los arranques si éstos se hallan en la prolongación de las líneas ba, de. Esta oblicuidad resulta también en el vértice cuando éste lleva un nervio cg: en este caso se adopta muchas veces la disposición representada en la parte edc.

830. El yeso, como se sabe, pierde su fuerza y se destruye con la humedad produciendo con su expansión un empuje considerable en las paredes, por lo que son en este caso preferibles las mezclas hidráulicas, que se endurecen con la humedad, tienen una fuerza de cohesión bastante á ligar los ladrillos y no producen aumento de volumen al fraguar, como sucede con el yeso. Este aumento obliga á no cerrar las bóvedas hasta que se ha verificado el fraguado de la parte restante ó á dejar en las cejas f, z (*fig. 568*) de los arranques, el hueco suficiente para que pueda retirarse la bóveda al fraguar, lo cual efectuado, se hace el relleno de los senos. Las más de las bóvedas tabicadas que se vienen abajo reconocen por causa la falta de esta precaución ó la de no haber hecho su asiento las paredes. Tampoco deben hacerse estas bóvedas al descubierto sino después de techado el edificio, y si hubiera precisión de verificarlo se deberá dejar salida á las

aguas pluviales para que éstas no se estanquen y quiten fuerza al yeso.

Por evitar esta humedad, las pechinas y las cúpulas que han de recibir pinturas y que son de tabicado con yeso se hacen 4 ó 6 centímetros sepaparadas de las que forman la superficie exterior como ya se ha indicado (795 y 820).

La estabilidad de las bóvedas tabicadas depende de la adherencia del mortero con los ladrillos, mediante la cual forman un solo cuerpo, pudiendo considerarse como vaciadas en un molde de mezcla en el cual se hubieran introducido ladrillos para aumentar la resistencia. Por lo tanto, una vez fraguadas, es muy pequeño el empuje que ocasionan y mucho menos si se les ha dado algún peralte.

831. BÓVEDAS TABICADAS CON CEMENTO.—Acabamos de indicar las ventajas que el cemento tiene sobre el yeso para fabricar bóvedas tabicadas, especialmente en sitios húmedos ó expuestos á la intemperie, así es que hoy se hace gran uso de esta clase de fábrica. Se emplea mucho el cemento para hacer las bovedillas que cubren las entrecalles de las vigas de hierro, según veremos al tratar de los suelos y en luces de 4 y más metros. En bóvedas tabicadas de 4^m de luz y 0^m50 de flecha, hechas de cinco capas de ladrillo con un grueso total de 0^m13, tomada la inferior con cemento solo y las cuatro restantes con mezcla de éste y arena por partes iguales y en cuyos senos se hicieron unos tabiques transversales, distantes 0^m30, cubiertos con dos capas de ladrillos á nivel, la resistencia fué mayor, según experimentos practicados por los ingenieros militares en Barcelona, que las de rosca de igual luz y flecha y de 0^m15 de espesor. En bóvedas planas de 1 metro de luz formadas de tres capas, tomada la primera con cemento de Gerona, la segunda con mortero hidráulico de cal de Montelimart y la tercera con mortero común, se pusieron cargas á los dos meses, de 1555 kilogramos por metro cuadrado, produciéndose la rotura, de modo que pueden cargarse con seguridad con 155 kilogramos. Las bovedillas planas de 0^m60 de luz resistieron hasta 1600 kilogramos sin presentar ninguna grieta.

832. BÓVEDAS CON LADRILLOS ESPECIALES.—En bóvedas tabicadas tienen su empleo oportuno los ladrillos *de rebordes (fig. 571)*, cuya colocación está indicada en la *fig. 572* donde se ve que se sostienen mediante el yeso que á manera de tacos ocupa los espacios a, a, comprendidos entre los rebordes de cada dos ladrillos y que con su expansión comprime unos contra otros, impidiéndoles salirse de su sitio y sosteniéndolos en su posición por la reacción que todos á la vez experimentan.

Las bóvedas de ladrillos *huecos (figs. 573 á 575)*, tienen su aplicación cuando se quiere que intercepten los sonidos ó cuando, como en las tabicadas, se exige ligereza y una resistencia adecuada para formar suelos, cubrir edificios, etc., donde no han de pisar más que personas. Estos ladrillos se colocan como los demás; pero los que tienen la forma de puchero *(fig. 576)* entran unos dentro de otros, rellenando su unión con yeso y formando hiladas en dirección del eje de la bóveda si ésta es un cañón seguido y en hiladas horizontales hasta los tercios de la bóveda en las de revolución, terminando en espiral hasta su cierre. Como puede comprenderse, para este objeto sirven toda clase de cacharros, haciéndose también de la forma de un tronco de cono cerrado por ambos lados cuya parte superior es cuadrada, pero unida por superficies alabeadas al cono, que es su forma general.

También se fabrican bóvedas con ladrillos huecos de vidrio (185) que se unen con cemento puro y arena pudiendo hacerse el descimbramiento á las doce horas. Tienen su aplicación cuando las bóvedas han de dejar paso á la luz. Si han de servir de cubiertas, se emplea muchas veces para unir los ladrillos una materia bituminosa de base asfáltica, pues el cemento de fraguado rápido los rompe á veces y más si están sobre armadura de hierro, porque éste al dilatarse con el calor los comprime extraordinariamente.

833. BÓVEDAS DE MAMPOSTERÍA.—Las bóvedas de mampostería desbastada ó rajuela se construyen como si fueran muros, pero mojando las piedras para que agarre bien el mortero, que aquí desempeña un papel muy importante y acuñando bien los lechos por la parte del trasdós para dar al sobrelecho la dirección normal al intradós.

Las hechas de mampuestos irregulares se ejecutan como las de hormigón, de que se va á hablar, mojando las piedras y rellenando sus huecos con mortero (que debe ser hidráulico), prefiriéndose para esto las piedras más porosas.

834. BÓVEDAS DE HORMIGÓN.—El descubrimiento de las cales hidráulicas y cementos proporciona hoy hacer bóvedas de hormigón que forman una sola pieza después de fraguada la mezcla y reducen el empuje á su mínimo, pero en las

que es necesario evitar las rupturas que tienen lugar ordinariamente en los arranques y en los riñones durante la ejecución, ocasionadas por el descenso que se produce en la cimbra á medida que se la carga. La nave mayor de la Iglesia de San Pedro en Roma de 24m40 de luz, la de San Bernardo de 22m, la cúpula del panteón, de 40m de diámetro y las bóvedas del Coliseo, Termas de Caracalla, anfiteatros, etc., están construidas con esta clase de fábrica y ladrillo y atestiguan sus ventajas. Últimamente se ha hecho un puente sobre el Danubio con arcos de 52 metros de luz.

Empleando esta clase de fábrica, la cimbra debe tener bien junta su tablazón y espolvorearse con arena ó tierra seca para impedir que el mortero se agarre á la madera. Se emplea también papel empapado en aceite.

Ya se ha indicado (799) que pueden fabricarse estas bóvedas sobre otras tabicadas como cimbras que se derriban después, con el objeto de aprovechar los materiales cuando el hormigón ha adquirido un grado de consistencia suficiente para sostenerse sin auxilio alguno.

835. Puede fabricarse el hormigón hidráulico como en los puentes de Lavalé y Lumbreras (Logroño) *(a)* sobre un andamio superior á la cimbra de donde se vierta en seguida sin más que darle una vuelta al artesón, dejando al hormigón en la posición que tome por sí solo sin apisonarlo nada.

Si la bóveda no puede cerrarse en un día, se debe dejar el hormigón de modo que la junta de unión con el que se vierta el día siguiente, sea normal al intradós, valiéndose para ello de tablas y teniendo cuidado al continuar el trabajo de picar y regar la superficie de la junta para que pueda unir bien una parte con otra.

En obras pequeñas, se ha apisonado el hormigón en la dirección perpendicular á planos normales al intradós, para lo cual la mezcla ha de ser compacta y el cemento perezoso para el fraguado. Para esto conviene tenerlo encerrado durante dos ó tres meses en almacenes bien acondicionados; con lo que, conservando sus buenas propiedades, pierde mucha energía en el fraguado.

Cuando se ejecuta una bóveda en tiempo cálido, sufre al descender la temperatura un ligero hendimiento hacia las primeras juntas de los arranques debido sin duda á la contracción de los morteros por lo que debe evitarse que reciba directament la acción de los agentes atmosféricos cubriéndol con tierra ó con otro objeto y ejecutándola en épocas que no sean muy calurosas ni expuestas á la heladas. Los hielos, sin embargo, no son temible cuando el hormigón ha fraguado ya.

(a) El de Lavalé es de tres arcos escarzanos de 10m de luz y 2m34 de ságita y el de Lumbreras es carpanel de tres centros de 10m216 de luz y 3m92 de flecha.

836. Con yeso y fragmentos de ladrillo se fabrica un hormigón que se ha empleado en la construcción de bóvedas rebajadas á $^1/_{10}$, las cuales tienen aplicación muy adecuada en pisos y escaleras pues presentan una resistencia de 1000 kilogramo por metro cuadrado.

También para el forjado de pisos se emplea u hormigón hidráulico compuesto de cemento Portland, cenizas de cok y ladrillo machacado al tamañ de 4 centímetros, presentando una gran resistenci las bóvedas rebajadas á $^1/_{10}$ que se han construid con esta fábrica. Generalmente se contrarresta el empuje que producen con tirantes de hierro colocados de metro en metro de distancia, los cuales s embeben en el hormigón.

837. BÓVEDAS DE YESO.—Podrían también construirse con yeso bóvedas bien ligeras, imaginadas por el ingeniero Muller, valiéndose de botellas cilíndricas, como indica la *fig. 577.* Para ell se extiende sobre la cimbra una tortada de yeso sobre este lecho se ponen paralelamente las botellas para formar anillos, dejando entre ellas un espacio de unos dos centímetros que se cubre lueg con yeso. Mientras un albañil hace esto, otro va sacando suavemente las botellas haciéndolas girar al mismo tiempo y presentándolas á continuación par que se vayan cubriendo de yeso. De este modo, lo huecos se encuentran normales á la curva y po consiguiente forman una especie de nervios rígidos cuya ejecución es rápida, simple y económica.

838. BÓVEDAS DE CEMENTO Y HIERRO.—Se construyen bóvedas de muy poco espesor, con mortero de cemento y una urdimbre de varillas de hierro, del grueso proporcionado á la lu y peso que debe tener la bóveda.

Para su ejecución se colocan sobre la cimbra la varillas atadas con alambre y en la cuadrícula as formada se extiende una mezcla bien batida d tres partes de arena y una de cemento. Quitada l cimbra, lo que puede hacerse á los pocos días, l superficie inferior ó intradós se cubre con un revoco del mismo mortero.

Una bóveda de 10 metros de luz, puede hacerse con 0m20 de espesor en los arranques y 0m15 en la clave, formando la red con varillas de 8 m/m enlazadas á 8 centímetros de distancia. Se han hecho también bóvedas rebajadas á $^1/_{10}$ de 8 metros de luz, dándoles 0,08 de espesor en los arranques y 0,05 en la clave, con varillas de 8 á 15 m/m; y también de 4m50 de luz, con espesor de 0m05 y varillas de 5 m/m formando mallas de 6 c/m: unas y otras aguantaron pesos de consideración.

ARTÍCULO IV

Descimbramiento, trasdoseado y refuerzo de las bóvedas.

839. CONSIDERACIONES.—Cuando se descimbra una bóveda, sus dovelas obran del mismo modo que cuando se quiere venir abajo. Parece que las juntas de la parte superior se comprimen por el trasdós y se abren por el intradós. Las dovelas de la parte inferior parece, al contrario, que sufren compresión por la parte del intradós y que se abren por el trasdós. Por esto en la labra debe tenerse cuidado para que no se apoyen en sus aristas, pues que es muy fácil que se desmoronen sus vivos con la presión; lo cual, si sucede, obliga á suspender el descimbramiento con el objeto de abrir los bordes de las juntas haciendo sus ángulos algo obtusos.

Estos movimientos comprimen el mortero de las juntas completando la solidez de la obra, cuando todavía no han endurecido los morteros; pero produce un descenso en el vértice de la bóveda que es tanto mayor cuanto más rebajada es y mayor número de juntas tiene.

Algunos pretenden atajar, sin embargo, este descenso, violentando el asiento de la fábrica, para lo que multiplican los montacaballos, las grapas, las cadenas, etc., pero lo que consiguen es que el asiento sea desigual y que se pueda romper el equilibrio. Por esto los buenos constructores dejan á las dovelas en completa libertad hacia sus puntos de apoyo para que tengan su asiento natural, estrechando las juntas con uniformidad.

Las bóvedas construidas con morteros hidráulicos ó con yeso, no hacen asiento sensible sino es el producido por la carga de las cimbras antes del cerramiento de las bóvedas, porque una vez fraguada la mezcla forman todas sus partes una masa monolítica.

840. ÉPOCA DEL DESCIMBRAMIENTO.—Las bóvedas de sillería se descimbraban antiguamente transcurrido un mes próximamente, mas hoy se ha probado por numerosas experiencias que tanto bajo el aspecto de la estabilidad como bajo el del asiento, no hay ningún inconveniente en descimbrar casi inmediatamente después de la colocación de las claves, en cuyo tiempo el mortero está todavía en estado de poderse comprimir y amoldarse á la nueva figura que toma la bóveda al descimbrar, sin que por ello se desorganice, antes bien mejore su solidez. Lo contrario sucede cuando los morteros han fraguado y *hecho clavo*, es decir, que se han unido con la piedra, porque entonces el asiento que se efectúa produce ruptura de los materiales en unos puntos, desorganización en otros y un trastorno en la fábrica, precisamente cuando ésta empieza á funcionar.

841. En las bóvedas construidas con ladrillo, y en las hechas con mampuestos desbastados, tengan ó no la forma de cuña, debe atenderse al gran papel que en ellas ejerce el mortero, el cual llena el mayor espesor de la junta por la parte de trasdós supliendo la falta de forma de cuña del material. Además, el gran número de juntas hace que la suma de las compresiones de todas ellas sea considerable, lo cual ocasionaría un descenso grande si se descimbraran estando muy frescos los morteros y aun podría causar su caída.

Por esto se deja descansar esta clase de bóvedas sobre la cimbra durante algún tiempo con objeto de que el mortero que envuelve el ladrillo adquiera la suficiente consistencia para resistir sin desmoronarse la presión que le comunican dichos ladrillos cuando la bóveda se abandona á sí misma.

842. Las bóvedas hechas de hormigón hidráulico tienen toda su fuerza en la cohesión del mortero empleado, lo cual hace que se dejen en la cimbra el tiempo suficiente para que fragüe. Este tiempo no puede fijarse de una manera absoluta, porque depende no sólo de la potencia del cemento, de la clase de arena que se emplee, de las proporciones en que se mezclan estas sustancias y de la fluidez del mortero, sino también de las condiciones atmosféricas de la localidad; porque si es país muy cálido no convendrá ni echar el hormigón ni descimbrar en la época de mayor calor y si es país de muchos hielos sucederá una cosa semejante cuando haga mucho frío; de modo que, reunidas estas circunstancias á las anteriormente indica-

das, se podrá en cada caso fijar el tiempo que han de estar puestas las cimbras.

Donde se han construido varios puentes y alcantarillas con hormigón, se ha observado: que la superficie de los arcos, aunque haya fraguado el hormigón, conserva mucha humedad mientras tienen puesta la cimbra; de modo que conviene quitarla cuando los hielos no sean de temer y en tiempo oportuno para que pueda secarse poco á poco la superficie exterior.

De todos modos, como la modificación de equilibrio que sufren las bóvedas cuando se las abandona á sí mismas y aun su trastorno ó rotura están muy lejos de ser instantáneos, es muy conveniente que el aumento de presión y de empuje que se desarrolla, se verifique de la manera más lenta, continua y uniforme que sea posible, sin dar lugar á reacciones y sacudidas bruscas en diversas partes de las bóvedas.

843. MEDIOS DE DESCIMBRAR.—Esta operación se debe, pues, ejecutar con mucha regularidad y lentitud para que resulte con igualdad y que el descenso de la bóveda se verifique simultáneamente y no produzca sacudidas que pudieran comprometer la resistencia ó estabilidad de la obra. Los medios que se empleen para este objeto han de permitir suspender en cualquier momento la operación y hasta elevar algo la cimbra para que la bóveda descanse sobre ella, porque puede ocurrir el caso de tener necesidad de acudir á un accidente ó dejar fraguar por más tiempo las mezclas.

Hay muchas maneras de descimbrar. Una de ellas, la más viciosa, consiste en quitar sucesivamente las correas desde los arranques á la clave, rompiendo para ello los calzos que sostienen las dovelas, separando primero una correa entre dos y después dos á dos las que restan hasta la última, con cuya operación el asiento de la fábrica no puede tener lugar de un modo uniforme.

Por esto se debe procurar que descienda toda la cimbra lentamente, sea debilitando poco á poco los puntos donde se apoya para que se aplasten y cedan bajo la carga, sea empleando cuñas ú otros procedimientos cuya aplicación es necesaria en los puentes ó bóvedas de importancia.

844. Para el empleo de cuñas se disponen éstas pareadas A y B (*fig. 578*), con el ángulo de resbalamiento muy pequeño ó sea de $^1/_5$ á $^1/_6$ de inclinación y se hace descansar la cimbra sobre ellas colocándolas entre dos carreras C, D, en las que asientan las cerchas ó los postes P de apoyo, según se indica en s,s (*figs. 535 y 536*). Se imprime á las cuñas un movimiento moderado de desvío horizontal ó de descenso vertical, haciéndolas resbalar unas sobre otras por medio de golpes de martillo dados á la vez por un operario en cada dos cuñas gemelas para que tomen la posición que se indica de puntos en la *fig. 578*. Este sistema tiene el inconveniente de que algunas veces es difícil hacer resbalar las cuñas y no descienden por igual, habiendo ocasiones en que saltan al primer golpe con gran riesgo de los operarios.

Las cuñas se han sustituido con sacos de tela muy fuerte llenos de arena, provistos de un pequeño tubo por el que se hace salir cierta cantidad de arena para que la cimbra descienda la cantidad que se desee y repitiendo la operación cuantas veces sea necesario. Los sacos son algunas veces cajas cilíndricas de hierro llenas de arena con tubos de salida en el fondo, en las que entra como émbolo un trozo de madera dura, sobre la que descansa la cimbra, y que puede bajar lentamente según va saliendo la arena.

Cuando descansan las cimbras sobre postes puede facilitarse el descimbramiento asentándolos en soleras en las que entren á caja y espiga, pero de modo que éstas no ocupen toda aquélla, sino que queden á medio entrar apoyando los postes en cuñas, las cuales cuando se quiere descimbrar se van quitando poco á poco para conseguir el descenso lento y gradual de la cimbra hasta que las espigas descansan en el fondo de las cajas.

845. Sea el que quiera el sistema que se adopte para descimbrar, conviene colocar al lado de cada aparato una doble cuña cuya cara superior se mantiene á mano á la distancia de algunos milímetros de la carrera superior con el objeto de que si por una rotura ú otra causa cualquiera se viese que la cimbra descendía bruscamente, poderla detener por estas dobles cuñas en las que habrá de tropezar forzosamente.

Aunque una vez desprendida la cimbra de la bóveda podría desarmarse aquélla, no se debe hacer así, si no dejarla puesta unos días para atender á los efectos del asiento que pueden muy bien no indicarse hasta pasado algun tiempo.

846. FORMA DEL TRASDÓS.—Según el destino que han de cumplir, las bóvedas se *trasdosean*, es decir, terminan exteriormente de varias maneras. Se trasdosean *paralelamente* (*fig. 510*),

es decir, con una superficie concéntrica al intradós siendo toda la bóveda de un espesor uniforme, ó se las hace de *desigual espesor* dándoseles mayor por la parte donde más lo necesitan, sea por medio de una curva *def (fig. 512)*, determinada por el cálculo de las resistencias para no gastar más que el material necesario, ó según vertientes *ca, cb (fig. 527)*, cuando han de servir de cubierta para que escurra las aguas. Otras veces la obra se compone de dos partes, una de espesor uniforme *aca (fig. 511)* que es la bóveda y otra de desigual espesor *aco, aco*, llamada *relleno* que algunas veces llega hasta el plano horizontal *gh (figs. 509* y *568)*; en cuyo caso, el trasdoseado es de nivel y el relleno toma el nombre de *enjuta.* Este trasdoseado se emplea para formar los suelos y el trasdoseado paralelo en alcantarillas.

Todas estas obras complementarias y cuantas hayan de descansar sobre arcos ó bóvedas no deben hacerse hasta que éstas hayan hecho su asiento después de descimbradas, pues el descenso de la bóveda produciría en ellas cuarteos ó grietas.

847. DISTINTAS CLASES DE RELLENO. —Los rellenos, llamados también *trascargos*, se ejecutan de varias maneras: se hacen con fábrica de la misma clase de la bóveda ó de los muros, siguiendo sus lechos la dirección de unos ó de otra, aunque es mejor que sea la de la bóveda.

Lo más común es rellenar con una especie de hormigón ó mazacote fabricado con cascote, ripio ó desperdicios de la obra unidos con lechadas ó capas de mezcla, cumpliendo así con el objeto de llenar sólidamente el hueco é impedir que la bóveda ceda por sus riñones si se la carga por la clave. Cuando tienen por sí mismas la resistencia necesaria, se trascargan las bóvedas con alcatifa, que es el ripio de las obras.

En las tabicadas ó construidas con cacharros ó ladrillos huecos, estos mismos pueden servir de relleno *(fig. 568)*, destinando para ello los desechados, así como la teja rota y demás materiales análogos, que se unen con mezcla, con lo que se consigue hacer el trascargo lo más ligero posible.

848. CHAPA SOBRE EL TRASDÓS.—Las bóvedas que han de quedar al descubierto ó con una sobrecarga de tierra también á la intemperie, necesitan en su trasdós una *contrarrosca ó chapa*, que es un revestido impermeable *oco (figs. 510* y *511)*, que presenta una superficie lisa por donde se escurren las aguas sin atravesar la bóveda. Para que esta obra se una ó trabe con la bóveda se descarnan, limpian y lavan las juntas de ésta, formándose luego la contrarrosca con una ó dos capas de hormigón hidráulico ú otra mezcla impermeable que se iguala con la paleta á medida que se echa para darle un espesor uniforme. Las grietas que se abran se tapan mojando para ello el mortero con agua ó lechada de cal á fin de que se reblandezcan los bordes y puedan apretarse después con una paleta, suela de zapato ó canto rodado hasta que se consiga la unión y desaparezca la grieta. En algunos casos se satura el trasdós de la bóveda con brea mineral bien caliente ó aceite de linaza hirviendo ó se cubre con asfalto ó cualquiera de los solados que se describirán más adelante.

Si hay dos ó más bóvedas contiguas expuestas á la intemperie, el relleno, que toma el nombre de seno (672), tiene dos vertientes opuestas que confluyen en una canal por donde se dirijen las aguas al exterior mediante un tubo ó embornal que atraviesa una de las bóvedas.

849. CONTRAFUERTES.—Del mismo modo que en los muros de sostenimiento, los contrafuertes (601) sirven para contrarrestar el empuje que ocasionan las bóvedas en la pared, por lo que se colocan en la dirección de dicho empuje. Su planta debe ser rectangular ó cuadrada y nunca circular, porque destinados á contener empujes que se transmiten según planos que llevan la dirección del saliente, únicamente tendría resistencia el que pasase por el centro, faltándoles á los restantes.

En los cañones seguidos de directriz recta, se asientan los contrafuertes perpendicularmente á sus estribos, siendo normalmente á la curva cuando la directriz del cañón es de esta clase ó la bóveda es una cúpula.

La altura de los contrafuertes puede ser hasta más arriba del arranque de la bóveda, no quedando nunca por debajo porque entonces no cumplirían con su objeto: pueden además cargarse encima con pirámides ú otras figuras para aumentar su firmeza. La forma que se les da es muy varia y de ello son ejemplo las indicadas en *A, B, C (fig. 282)* y la que aparece en la *fig. 579.*

850. BOTARELES Y ARCOS BOTARETES.—Cuando se trata de templos ó edificios en que el contrafuerte adosado á los machones aumentaría el espesor de éstos quitando mucho espacio y vista, se disponen estos apoyos *B (fig. 580)*, que entonces se llaman *botareles*, á cierta distancia de

los machones ó columnas *M* que reciben la carga de la bóveda central del templo *C*, transmitiéndose entonces el empuje por medio de arcos por tranquil *A*, llamados *arbotantes*, *arcos botaretes* ó *botareles*. De este modo, el machón ó columna *M* no apea más que el peso de los arcos que en él descansan, pues el empuje se lleva al botarel. Para ello, hay que tirar de tal modo el arco botarete *A* que la línea de dirección del empuje coja el arco *A* por el medio y que el machón *M* y el botarel *B* no formen, á pesar de su separación aparente, más que un solo cuerpo, y tengan la misma resistencia.

La sección del machón *M* puede ser lo mismo circular que cuadrada ó triangular.

Respecto de los botareles sucede lo que con los contrafuertes, que su forma no debe ser circular, pudiendo también fortificarse con carga encima en forma de pirámides ú obeliscos *G*. Los cimientos por la parte exterior han de tener una zarpa regular, pues en ese sentido obra el empuje.

Estas obras han sido muy usadas en el estilo ojival para el que son muy á propósito. Cuando los arcos que han de apearse son de medio punto, se da otra forma, haciéndolos mitad botarel y mitad arco botarete, como se ve en *B (fig. 581)*.

851. REFUERZO DE LAS BÓVEDAS Ó ARCOS. — Suele suceder algunas veces que no puede darse á los apoyos de las bóvedas todo el espesor necesario para resistir convenientemente el empuje ó que las fábricas ya construidas se resienten de esta falta, en cuyos casos hay que reforzar las partes débiles si se puede, ó evitar los empujes, aliviando así los apoyos.

Para darse conocimiento del punto que debe fortificarse ó aliviarse, ha de atenderse al modo cómo obran las bóvedas y tienden á romperse. Así, en la de medio punto *(fig. 530)*, se comprende que rellenando las enjutas ó colocando un tirante de hierro por bajo de las juntas de fractura *mn*, se impedirá la separación de las partes inferiores y por consiguiente la ruptura. También pueden reforzarse rodeando el trasdós con una banda de hierro, cuyas extremidades estén sólidamente sujetas en la base de los apoyos. En las bóvedas por arista ó rincón de claustro, los tirantes deben colocarse en sentido de las diagonales ó aristas. En las cúpulas, lo más conveniente son cinchos de hierro que rodeen su trasdós á la altura de las juntas de ruptura, lo cual puede aplicarse á las bóvedas en rincón de claustro. El levantamiento de la parte superior en los arcos apuntados *(fig. 531)*, es fácil evitarlo cargando su clave con un peso que equilibre la tendencia de las partes inferiores á unirse.

852. El peso sobre los estribos equilibra en muchos casos el empuje de las bóvedas, como sucede en las paredes de los edificios donde se tiene en cuenta la altura de muro superior al arranque para quitar á la parte inferior un exceso de anchura que á nada conduce, bastando el espesor ordinario para resistir el empuje, si se tiene cuidado de hacer las bóvedas cuando ya están levantadas las paredes en toda su elevación.

Se asegura la estabilidad de un arco ó de una bóveda haciendo machos y hembras que se correspondan en los lechos de las piedras cuando se labran, ó practicando en las dos que han de juntarse unas cajas donde puedan alojarse llaves ó tacos de piedra, madera ó hierro. Estos medios, sin embargo, son de escasa aplicación por el difícil trabajo que exigen y por sus escasos resultados, y se acude á los procedimientos que vamos á exponer.

853. EMPLEO DEL HIERRO PARA REFORZAR Ó ALIVIAR LAS BÓVEDAS.—Los tirantes que han de contrarrestar el empuje de las bóvedas ó arcos de medio punto, elípticos ó rebajados, se disponen horizontalmente de uno á otro estribo; y aunque su situación más á propósito es en las arranques ó por bajo de la línea de ruptura, como se ha dicho, lo general es colocarlos embebidos en la bóveda ó sobre la clave, según se ve en *ab (fig. 582)*. Los extremos terminan en cruz ó en T para abrazar parte de la fábrica de los estribos *A* y *B*, empleándose también placas de hierro que se adaptan al paramento exterior de las paredes, sirviéndoles algunas veces de adorno. Muchas veces el tirante se forma de dos piezas *A,A'*, *B,B'* *(figura 583)* con un ojo en el punto de empalme, el cual se verifica por medio de dos cuñas *cc*, *nn*, que permiten poner tirantes las dos piezas haciéndolas entrar á martillazos. Para más seguridad, se dispone el empalme con dos dientes en los extremos de las piezas que han de unirse, según indica en *D,D* la *fig. 584*, los cuales quedan sujetos por dos cinchos *cc,ss*, atirantándose el empalme con dos cuñas como en el caso anterior.

854. Los arcos adintelados que han de sostener un piso y no pueden tener el espesor que exige su solidez en proporción con la luz del vano que salvan, se refuerzan por medio de una barra plana llamada *lintel (fig. 585)*, colocada de canto y em-

butida en una ranura practicada en el intradós ó cara inferior del arco. Esta barra, dispuesta simplemente sin fijarla por sus extremos, da poca fuerza porque no obra como tirante por su resistencia á la tracción sino por su resistencia á la flexión y no impide la deformación del arco. Para que la barra ó lintel trabaje pues por tracción, haciendo que las dovelas estén sometidas á la compresión, se sujeta fuertemente por sus extremos *d* abriéndolos en dos uñas ó acodillándolos en las piedras ó fábricas laterales de modo que de *a* á *d* haya la suficiente sección para resistir á la tracción de dicho lintel. Éste se oculta en la ranura de las dovelas rellenándola con mastic de cantero ú otro. Las dovelas se encadenan además entre sí por medio de grapas de bronce dispuestas en la junta de las piedras, sea simplemente introduciendo espigas en las dos dovelas que se enlazan, sea por medio de garfios acodillados.

Los dinteles de los pórticos que forman entablamentos sobre columnas aisladas *(fig. 586)*, se refuerzan con tirantes ó listeles *ab* que se enlazan con barras verticales *cd* fijadas en el centro de las columnas estableciendo una armadura. Las dovelas pueden, además, enlazarse entre sí por medio de grapas *H, H* en forma de Z que se interponen entre las juntas y cuyos codillos entran en cajas practicadas en ellas, sujetando unas en otras. En algunos casos se establece otro atirantado *og* por encima del arco.

En Italia hay muchos pórticos de bóvedas de arista apoyadas en columnas que se hallan atirantadas en sus arranques, cuyas tirantas están empotradas por un extremo en las columnas y por otro en el muro de fondo del pórtico.

855. Las bóvedas esféricas y anulares se encadenan para oponerse á los movimientos horizontales que se manifiestan casi siempre en esta clase de bóvedas cuando tienen mucha amplitud. Se colocan en forma de grandes cinchos circulares en el trasdós de la bóveda, según ya se ha indicado (851), ó se ciñen al exterior de los cimborios por cima de los arranques de las cúpulas. La de San Pedro en Roma, que las tenía desde su construcción, se habían roto por muchos puntos en el último siglo y hubo que ponerle seis cinchos de hierro de 100 por 55 $^{m}/_{m}$ que se atirantaron fuertemente.

856. En algunas obras se han empleado grandes armaduras de hierro para suplir la falta de espesores causada por exigencias de la misma construcción, cuyas armaduras quitan los empujes convirtiéndolos en presiones, como puede comprenderse inspeccionando la *fig. 587*, en la que el hierro juega un papel principal del que depende únicamente la estabilidad de la construcción, haciendo suponer falsamente que hay gran simplicidad y ligereza, cuando por el contrario existe una gran complicación contra lo que debe ser. El destino del hierro en las bóvedas no es éste: en ellas debe emplearse para consolidarlas, ayudando como parte accesoria y no como parte principal, y en este sentido solamente debe usarse.

El hierro debe pintarse al óleo ó embrearse, así como todo el que ha de quedar enterrado en fábrica, para preservarlo de la oxidación, rellenando con cemento ó mastic las cajas donde se empotra, las cuales deben tener una profundidad suficiente para que pueda recubrirse el hierro con un milímetro del expresado mastic.

De todos modos, el hierro es un medio muy débil de dar solidez á una bóveda y debe huirse de su empleo todo lo posible por la facilidad de oxidarse cuando está expuesto á la humedad.

CAPÍTULO IV

De la formación de los suelos y de su revestimiento superior é inferior

857. ESTRUCTURA DE LOS SUELOS.— Los suelos artificiales que separan los pisos ó altos de un edificio (508) pueden construirse de varios modos y con materiales diversos. Constan de tres partes: la que sostiene, bóveda, armazón de madera ó hierro y las dos superficies superior é inferior que la revisten, llamadas *pavimento ó solado* la de encima y *techo* la de abajo.

Las bóvedas constituyen generalmente los suelos de la planta baja de un edificio cuando está sobre sótanos y muchas veces los de los principales ó primeros; en los demás, se forman con maderos ó hierros de pisos ó especiales, paralelos por lo común unos á otros y equidistantes, los cuales apoyan por sus extremos en paredes de carga (592) ó en otros maderos ó piezas de mayor resistencia, llamadas *vigas maestras ó jácenas*, formando en uno y otro caso unas armazones ó *entramados horizontales* que se rellenan de diversos materiales y cuyo macizado se llama *forjado*.

De todos modos, cualquiera que sea el material de que se construyan los suelos, han de ser rígidos ó poco vibrantes, sordos ó impenetrables al ruido y á la humedad superior y del menor espesor posible que consientan las condiciones de resistencia que deban llenar.

ARTÍCULO I

De las vigas maestras o jácenas para suelos.

858. GENERALIDADES.—Las vigas maestras reciben en unos casos la carga de los suelos solamente, y en otros sirven además de apoyo á paredes superiores que á su vez reciben otros suelos. Unas veces alcanzan desde una pared á la opuesta y en ellas se empotran ó aseguran, denominándose entonces vigas *de aire* y otras veces necesitan apoyos intermedios, que son columnas de hierro colado y algunas veces postes de hierro laminado y hasta de enrejado ó celosía. Estos apoyos pueden servir de sosten á otros superiores y entonces las vigas deben apoyarse de una manera particular para que no se interrumpa la continuidad del apoyo. En todos casos, se establece un encadenamiento entre las vigas ó entre los apoyos para formar una red que destruya además los empujes y evite que los postes se desnivelen, lo que sería de funestas consecuencias.

Ya cuando se trató de salvar los huecos de puertas ó grandes vanos (686 y 687) se indicaron algunos medios con el nombre de petrales, los cuales pueden servir de vigas maestras ó jácenas en ciertos casos, quedándonos ahora por exponer varios sistemas que se emplean para armar con varias piezas una viga, ya se emplee la madera ó el hierro ó ambos materiales combinados.

Al estudiar un sistema debe tenerse presente que en una viga cargada de un peso en el medio *(figura 588)*, la parte superior $a'c'e'$ está comprimida y sufre un acortamiento, mientras que la inferior $a''e''$ se halla estirada y se alarga, habiendo por lo tanto una línea intermedia ace denominada *neutra ó invariable* que ni se alarga ni se acorta.

Ahora bien, si se adosan simplemente unas piezas junto á otras, cada una obrará por separado y la resistencia de la viga así formada no será más que la suma de las resistencias parciales: pero si las piezas se enlazan ó traban de manera que resulte un sólido donde las partes obren unidas sin

poder resbalar ni doblarse las unas sin las otras, entonces la fuerza de la viga será mucho mayor y se obtendrá el máximo de resistencia.

859. VIGAS DE MADERA.—Las más sencillas se componen de dos ó más piezas acopladas del modo que se representa en sección en las *figuras 589* y *590*, uniéndolas entre sí por medio de los pernos indicados en las figuras ó por tacos ó llaves de madera dura *L, L (fig. 591)* metidas con fuerza en unas entalladuras rectangulares, una de cuyas mitades está en la cara inferior de la pieza superior y la otra en la cara superior de la pieza inferior, de modo que las extensiones y las contracciones de las fibras de la una están más ó menos dependientes de las otras. Lo mismo sucede en la disposición que representa la *fig. 592*, aplicable cuando hay que sostener una gruesa pared.

Rondelet propone dar á la pieza *A (fig. 593)*, una curvatura por la cara superior rebajando sus extremidades y colocar encima otra pieza *cd* que se obligará á ceñirse á la inferior empleando abrazaderas *as*, *as*, distantes unas de otras 1^m ó 1^m20. Consigue por este medio duplicar la resistencia de la viga.

860. En la viga representada por la *fig. 594*, las piezas *B*, *B*, están comprimidas y la *A* estirada por ellas, obrando las fuerzas como indican las flechas; pero pudiendo suceder que la compresión á que están sometidas las piezas superiores, produzca el aplastamiento de las fibras que empalman por sus extremos en la junta *cd*, se coloca en ella una plancha de plomo para evitarlo. En la *fig. 595* se interpone entre las piezas anteriores otra *C* que encaja en la inferior *A* por medio de dientes.

Se hacen también vigas de dos piezas, encajando las superiores en las inferiores mediante varios dientes *(fig. 596)*, pero en este caso debe procurarse que tengan su inclinación dirigida hácia los extremos de la viga, pues si se dispusieran inversamente como indica la *fig. 597*, no producirían ventaja alguna. Este sistema es de ejecución difícil por la exactitud con que ha de encajar la pieza superior en la inferior y se modifica de manera que entre los dientes puedan introducirse unas llaves ó tacos de madera dura *(fig. 598)* que se labran á la medida del hueco que han de ocupar para que ajusten y aprieten. Las piezas de que se forman esta clase de vigas pueden ser tres, cinco ó siete, disponiéndolas de modo que haya una menos en la parte inferior que en la superior, y que en su escuadría resulte que el extremo de las inferiores tenga $^4/_{10}$ de la altura total y la superior los $^6/_{10}$ restantes haciendo lo inverso en el centro como se indica en la figura. En todos casos, se asegura la unión íntima de unas piezas con otras por medio de pernos *ps* ó de abrazaderas como las de las figuras anteriores.

Las disposiciones indicadas en las *figs. 599* y *600*, exigen aún más labra que las anteriores y son por lo tanto de difícil aplicación.

861. Ofreciéndose dudas algunas veces sobre el estado interior de la madera, se asierra verticalmente en sentido longitudinal y se colocan un poco separadas las dos mitades *(fig. 601)* aunque unidas á trechos por pequeñas piezas en cuya unión se atraviesan pernos. Se da también oblícuo el corte, según se ve en *X (fig. 602)* y se colocan como se indica en *Z*.

Se adopta igualmente la disposición indicada en la *fig. 603* consistente en el empleo de dos piezas inclinadas *cd* que se introducen entre las *A* y *B*, á cuyo efecto se practican en los costados de éstas unas cajas poco profundas, para que no las debiliten demasiado; cuando por el mucho grueso de las piezas *cd* resultan muy separadas las piezas *A* y *B*, se conserva el paralelismo entre ellas por medio de llaves L, L. En todo caso se refuerza y asegura el sistema con pernos *n*, que atraviesan las piezas inclinadas.

862. VIGAS MIXTAS DE MADERA Y HIERRO.—En vez de las piezas inclinadas de que se acaba de hablar, se introduce entre las dos piezas *A* y *B* una barra plana de hierro en arco de círculo estribada en otra horizontal que le sirve de tirante como aparece en la *fig. 604*, asegurándose la unión de las tres piezas con pernos. Esta armadura se encaja solo en una de las vigas por ser de poca profundidad la caja que para ello necesita y en algunos casos se hace duplicada, una en cada uno de los frentes ó caras de la viga de madera. También se sustituye esta armadura por una plancha de palastro interpuesta entre las dos vigas ó por una viga de hierro de doble T como se ve en sección en la *fig. 605*. Este medio puede adoptarse también para reforzar las vigas de las *figs. 601* y *602*, cuando se trata de una construcción de madera donde no produzca buen efecto la vista de una viga de hierro.

En estas combinaciones de madera y hierro, ambos materiales están comprimidos en la parte superior y estirados en la inferior, resultando casi

inútil el metal sujeto á la compresión, pues la madera tiene por lo general bastante resistencia en este concepto. Además, la diversa naturaleza de ambas sustancias hace que no se aunen sus esfuerzos, pues la madera se encoge mucho más que el hierro bajo las acciones á que se les somete y no se consigue el efecto que cuando obran aisladamente.

Mejor procedimiento es sostener la viga de madera en una armadura formada de dos varillas que parten de los extremos de aquélla *(fig. 606)*, y reciben una pieza vertical *ac*, llamada *biela*, donde apoya el medio de la viga de madera. Por este sistema las varillas *cd*, *cb*, resisten el esfuerzo de tracción que las estira y la biela y la viga están comprimidas, resultando ésta dividida en dos de menor longitud, de manera que se aumenta su resistencia, pues su sección no varía. Las bielas son generalmente dos y se unen por un tirante horizontal, según se indica de puntos en la figura, en cuyo caso la viga se divide en tres partes y su resistencia se aumenta todavía más que cuando se divide en dos.

Las varillas se atirantan por medio de tuercas que llevan en sus extremos *d* y *b*, á cuyo efecto se refuerzan con planchas de hierro las cabezas de la viga ó se les dispone un sombrero de fundición como el representado por *abba*, *a'b'* en la *fig. 607*. La viga toma con este esfuerzo una ligera curvatura que la levanta por su centro, lo cual es muy conveniente para su resistencia.

863. VIGAS DE ENREJADO DE MADERA.—Las vigas americanas ó de enrejado se forman de dos largueros *aa*, *bb* *(fig. 608)*, que se mantienen equidistantes por medio de dobles piezas verticales *P* que los abrazan, como se ve en la sección vertical de la izquierda, sujetándose con cabillas de madera dura ó con pernos de hierro que atraviesan la unión. El sistema se completa con piezas inclinadas ó aspas *A* que forman una N con las verticales y se ensamblan en los largueros por cortes de espera con espiga ó sin ella. Otra disposición de más resistencia que la anterior es la de hacer dobles los largueros y sencillas las piezas verticales y las aspas, en cuyo caso dichos largueros abrazan por uno y otro lado el enrejado N que forman las otras piezas, sujetándose las uniones por medio de pernos.

Se disponen también las vigas formando enrejados de cruz *(fig. 609)*. Las aspas *as*, *bc*, unas por un lado y otras por otro se juntan al tope generalmente con los largueros *aa*, *bb*, y el cruce se fija con otros pernos, introduciéndose entonces un tarugo de madera que llene el espacio que deja el ancho de los largueros abrazado por aquéllas. El sistema se refuerza inferiormente con una pieza *ee* endentada en el larguero inferior, pues, como el superior, se compone por lo regular de dos piezas por no alcanzar una sola toda la anchura del vano que ha de salvarse. Se completa la unión de los largueros haciendo que la compresión que sufre el superior ayude al inferior á resistir el atirantado por medio de péndolas de hierro *pn* provistas de una cabeza en un extremo y de una tuerca en el otro como los pernos. La pieza de refuerzo *ee* se dispone también como indica la *fig. 610*, uniéndola con el larguero inferior por medio de abrazaderas ó pernos y llaves introducidas en cajas practicadas en ambas piezas. En esta figura las aspas ó piernas *N* que están comprimidas se ensamblan en los largueros por cortes de espera con espiga ó sin ella, manteniéndose la unión de los largueros por medio de las péndolas *P* que sufren esfuerzos de tensión y tienen cabeza y tuerca en sus extremos, como en el caso anterior.

864. VARIEDAD DE VIGAS DE HIERRO. Se hacen de hierro fundido, de hierro laminado y de palastro, dándoles en su sección transversal, es decir, vertical, variedad de formas: la tubular puede ser cuadrada, rectangular, circular ó elíptica ó modificada según se representa en sección en *G*, *H*, *I*, *J* *(fig. 414)*; la laminar de sección cruciforme ó de cruz, según se indica en *A*, *B*, *C*; la de ⊤ sencilla ó doble y las de ⋀ y [que ya hemos visto se emplean como carreras en los entramados verticales de hierro, pues la naturaleza de este material se presta con facilidad á todas las formas, así como á alargar las vigas haciendo los empalmes al tope y uniendo las piezas de cualquiera de los modos indicados en las *figs. 133 á 137*, sin que haya reducción sensible en la resistencia.

865. VIGAS DE HIERRO COLADO.—Á mediados de este siglo tuvieron mucha aplicación, pero hoy se emplean ya poco, pues aunque han dado buen resultado en diferentes obras, han ocasionado en otras sensibles accidentes. Su falta de homogeneidad, que no se traduce al exterior, es tan grave que se manifiesta muchas veces por roturas instantáneas producidas en ocasiones por un exceso de temperatura. Además, si se tienen en cuenta la resistencia y los precios del hierro fundido y del la-

minado, no resulta ya ventaja alguna económica en el empleo de aquél, así que está desterrado casi completamente de las obras cuando ha de someterse á otros esfuerzos que los de la compresión. En caso de adoptarse, debe tenerse presente que cuando el hierro fundido haya de estar expuesto á poca carga y no sean de esperar choques ó golpes, la forma de doble T es la más conveniente: en otro caso debe preferirse la ⊥ invertida ó la I de cabezas desiguales haciendo mayor la inferior que la superior, pues que el hierro fundido resiste menos á la extensión que á la compresión, y la cabeza inferior es la que está sometida á aquel esfuerzo.

La *fig. 611* representa una viga empleada en el Palacio de Cristal construido en Londres para la Exposición universal de 1851, y es una placa calada, rectangular, reforzada por arriba y por abajo con nervios ó rebordes, cuya salida aumenta en sentido horizontal desde los extremos al centro, según indica la línea *acb* de esta sección. La placa forma tres cruces de San Andrés, cuyas aspas tienen también nervios de refuerzo, como puede observarse en dicha sección.

La *fig. 612* representa otra viga de hierro fundido compuesta de dos partes que se unen en el centro del hueco que ha de salvarse, según una junta vertical *ac*, la cual se asegura por medio de pernos, como detalla la *fig. 125*. Está, además, reforzada inferiormente la viga por una barra *bcd (figura 612)* para resistir la tensión que por este lado sufre.

866. VIGAS DE HIERRO LAMINADO.— El hierro y acero laminados que tienen más resistencia que la fundición á los choques y á los esfuerzos de flexión, se emplean hoy casi exclusivamente en viguería. En un principio se prefirió la sección tubular á la de T sencilla ó doble por ser más resistente á igualdad de material, pues la mayor área exterior de su sección hace la viga más rígida y mejor dispuesta para resistir los movimientos laterales, en cuya dirección la viga laminada cede antes de obrar sus resistencias á la tensión y compresión; mas esto se evita reforzándola con otras viguetas igualmente laminadas dispuestas transversalmente á las primeras y que las unan entre sí, lo cual sucede casi siempre porque en las vigas apoyan los cabrios de suelo que generalmente son viguetas de hierro. Se prefiere, pues, la sección de T sencilla y más la doble, tanto para vigas maestras como para vigas y viguetas y por ser además de construcción más sencilla, de menos coste y mayor duración, tener la plancha vertical más gruesa, resistir mejor los cambios atmosféricos y poderse vigilar, limpiar y pintar con facilidad.

En la sección de T *(fig. 59)*, el alma ó nervio vertical *aa* resiste á las fuerzas verticales, la cabeza inferior á la tensión y la superior á la compresión, presentando además la ventaja de que la anchura de sus cabezas se opone á la flexión horizontal. Se prefiere, pues, generalmente esta sección para los casos ordinarios de la práctica. Sin embargo, las fábricas solo proporcionan en condiciones económicas las vigas de hierro laminado hasta 8 metros de longitud y 30 centímetros de altura y aun hasta 40; por lo que en casos especiales hay que acudir á reforzarlas unas veces ó á formarlas otras de varias piezas, según vamos á describir.

867. VIGAS DE I REFORZADAS.—Se encorvan muchas veces los hierros laminados para darles la resistencia de un arco cuando los muros donde han de estribar lo pueden consentir. En caso contrario, se evita el empuje del arco uniendo los extremos de la viga *(fig. 613)*, por medio de un tirante *et*, cuyas extremidades se encorvan en forma de gancho para que no dejen perder su curvatura á la viga.

En otras ocasiones, cuando las vigas se ponen apareadas se les da más resistencia, haciendo que el tirante se halle dispuesto entre ellas *(fig. 614)* de manera que enganche por sus extremos *a* en unos travesaños de hierro indicados en *a'*, el cual encaja en muescas practicadas en los extremos de las vigas, evitándose la flexión de éstas en su centro por medio de otro travesaño *c,c'* colocado debajo de las mismas.

Se da también más resistencia á las vigas laminadas de sección I reforzando sus cabezas con fajas ó bandas de palastro, según está indicado por *aa* en la sección *D* de la *fig. 414*. Esta disposición sólo puede adoptarse en las vigas de ala ancha que permiten colocar los roblones ó pernos en sus cabezas para coserles el palastro. También se unen dos rieles ó railes de ferrocarril ó dos vigas de I una sobre otra *(fig. 615)*, cuando no importa aumentar su altura por haber espacio disponible encima. En este caso, se roblonan ó se unen por medio de pernetes las cabezas en contacto ó se sujeta una viga con otra de trecho en trecho empleando abrazaderas ó cinchos colocados en caliente ó pernos como los *pn* que, en unión de las barras *nn*,

pp, producen el mismo efecto que las abrazaderas. En esta doble vigueta resulta que la masa de las dos cabezas reunidas se encuentra en la línea neutra y no trabaja, de modo que es un hierro y una carga inútiles.

868. VIGAS DE PALASTRO DE SECCIÓN I.—La más sencilla se forma con un alma de palastro *aa (fig. 616)* y cuatro cantoneras ó hierros angulares *bac;* casi siempre, sin embargo, se refuerzan con una ó dos bandas ó fajas roblonadas en cada una de las cabezas, de modo que sobresalen de las cantoneras, como la *bb* de la *fig. 617.*

La altura de estas vigas es generalmente $^1/_{12}$ á $^1/_{15}$ de su longitud, según es la carga, y para fijarla se debe tener presente que conviene adoptar la mayor altura posible, si otras condiciones particulares no lo impiden.

Cuando se dispone de poca altura, se hacen más anchas las cabezas, formándolas entonces de una ó más planchas ó bandas *(fig. 618);* y para que no se doblen ó alabeen con su propio peso, se las mantiene rígidas, colocando á trechos unos refuerzos verticales de hierros angulares ó de T que se amoldan en caliente á la forma indicada de puntos en la izquierda de la figura; este refuerzo se roblona á la parte saliente *a* de las alas y á la parte *cc* del nervio. Se disponen también estos refuerzos con dos cantoneras y una plancha intermedia formando sección de T, en cuyo caso la plancha coge todo el espacio de alto á bajo comprendido por las cabezas de la viga.

869. El alma ó nervio vertical de estas vigas se debe hacer con las planchas más largas del comercio para evitar en lo posible las juntas verticales y cuando han de tener más longitud que la máxima de las planchas (323) se refuerzan sus empalmes con cubrejuntas *(fig. 133)* ó con hierros de T *(fig. 134)* colocados en ambos lados.

Para dar buen aspecto á estas almas y que aparezcan ligeras sin que pierdan sus condiciones de resistencia, se hacen adornos calados que se procura aproximar á la línea neutra (donde no influye el material de la viga en su resistencia), ó adaptarlos á un dibujo de celosía, procurando que el calado se encuentre en los espacios que las aspas dejarían en hueco, convirtiendo de este modo la viga en una de enrejado pero de mayor solidez si el calado no ocupa completamente dichos huecos.

El calado se hace con la sierra por lo general, pero puede también ejecutarse con el punzón de pequeño diámetro para que puedan despreciarse las rebabas ó picos que produce, ó emplearse de un diámetro mayor, si se quiere que la línea del corte sea ondulada.

Para las bandas ó fajas que forman sus cabezas, se emplean en los casos ordinarios los hierros anchos planos cuyo grueso varía entre 6 y 15 $^m/_m$; y cuando hay que empalmarlas, la cubrejunta superior *aa, a'a' (fig. 619)* coge todo el ancho de la cabeza de la viga colocando en la parte inferior otras dos *cc, c'c'* de la anchura que por cada lado dejan libre las cantoneras de la viga.

Los hierros angulares ó cantoneras son generalmente de brazos iguales, y cuando no lo son, se procura que el mayor se encuentre contra el alma de la viga, es decir, en situación vertical.

870. VIGAS GEMELAS.—Cuando una viga ordinaria no es bastante para soportar la carga que ha de ir sobre ella, se disponen dos y á veces tres, unas al lado de las otras y enlazadas entre sí para aunar sus resistencias por medio de pernos cuyas cabezas ó tuercas pueden servir de adorno. Se las separa hasta 50 centímetros y se las mantiene paralelas por los medios ya explicados al tratar de los petrales (686) ó por otros que las circunstancias harán estudiar, algunos de los cuales han de verse en esta obra.

871. Se combinan las vigas de sección I de alas anchas ó estrechas, con otras de madera colocadas entre ellas, pudiéndose disponer de la resistencia de ambos materiales. El medio más sencillo es el indicado en la *fig. 620*, donde las vigas de I laterales y la central de madera, están unidas por medio de pernos *pp*, distantes de 1.^{m}50 á 2 metros unos de otros en toda la longitud de la viga, formando así una viga armada.

En la *fig. 621* la viga de madera colocada entre las de I se encuentra apretada por éstas, mediante el esfuerzo de los zoquetes de madera *Z, Z* que entran á golpe de mazo entre dichas vigas I y los resaltos *rs* que tiene el capitel en que descansan ó la placa de asiento. Se sujetan también por medio de trabas como las *caac* de la *fig. 389.*

872. La decoración arquitectónica exige algunas veces que se oculten las vigas de hierro cuando éstas no tienen la ornamentación adecuada; y en este caso, se las envuelve en todo ó en parte entre tablas y listones moldurados ó entre un forjado de madera y mezcla. Uno de los medios ideados para guarnecerlas de madera se representa en la *figura*

622 y consiste en disponer á trechos unos cartabones *C* sujetos normalmente á las vigas por pequeñas escuadras de hierro *E, E,* y á cuyos cantos *adc,* convenientemente recortados, se clavan las tablas molduradas que el perfil exija, teniendo cuidado de que éstas encajen unas en otras y que sus uniones se verifiquen en los ángulos entrantes de la moldura para que las dilataciones y contracciones de la madera no se traduzcan por aberturas ó grietas de mal efecto. En vez de madera se disponen también baldosas molduradas *(fig. 623)* apoyadas en las alas inferiores de las vigas.

En caso de envolverse ú ocultarse las vigas de hierro con un forjado de mezcla, el procedimiento ha de variar, según entre ó no el yeso en su composición. Cuando se emplean mezclas de cal se puede hacer un entretejido de alambre en el que se introduzca cascote de teja ó ladrillo para sostenerlas, y si se ha de gastar yeso es preciso prevenirse contra sus efectos destructores en el hierro, envolviendo antes éste en una armazón de listones de madera y tomiza que pueden fijarse en cartabones como se ha dicho para el guarnecido ó revestido de madera. El corrido de molduras se practica como para las cornisas (755).

873. El espacio comprendido entre las vigas gemelas se rellena por lo general de fábrica de cal, con el doble objeto de conservar en buen estado el hierro y de mantener invariable la separación ó sea la sección transversal, debiendo advertir que los arcos adintelados que algunos construyen, no proporcionan aumento alguno de resistencia en atención á que cuando el hierro cede á la flexión, el arco se agrietea y pierde por lo tanto su estabilidad.

874. VIGAS TUBULARES DE PALASTRO.—El empleo de hierros I,J *(fig. 414),* formando sección tubular y algunas veces de doble tubo *(fig. 624)* construidas con palastro y cantoneras, se impone cuando por la dirección ó intensidad de los esfuerzos á que ha de estar sometida la viga, se teme una deformación lateral, ó cuando es poca la altura disponible y mucha la carga. En este caso, las fajas ó bandas horizontales *aa, bb* vuelan fuera de las planchas verticales *cd,* y se roblonan á las cantoneras *E,* colocadas por el exterior. Las vigas laterales *A A,* se aseguran en las planchas horizontales *aa, bb,* después que éstas se han unido con la central *C.* Sino es conveniente que aparezcan por abajo las salidas de las planchas ó bandas, se disponen éstas como aparece en la *fig. 625,* para cuyo armado se une primeramente la plancha inferior *cc* con las verticales, por medio de las cantoneras *E, E,* roblonándose después las *C, C,* á las que ha de sujetarse la banda superior *aa.*

875. VIGAS DE CELOSÍA Ó ENREJADO DE HIERRO.—La estructura de esta forma *(figura 623)* produce una gran resistencia y rigidez siendo tanto mayor cuanto más cerrada es la celosía. Sin embargo, se adoptan casi siempre enrejados de simples cruces con montantes *B (fig. 627),* de figura de V *(fig. 628)* ó de N *(fig. 629).* En su sección transversal afectan la figura de T sencilla ó doble, formándose el enrejado con barras planas y algunas veces con hierros de ⊥, de ⊔ ó angulares y las cabezas con cantoneras, reforzadas ó no con bandas ó fajas horizontales. En las dos últimas figuras se indican las dimensiones en milímetros de los hierros que las componen. El hierro plano, es entre todos los citados el que menos resistencia presenta, pero es en cambio el más fácil de colocar y es muy usado por lo tanto, aunque teniendo cuidado de que la distancia entre sus cruzamientos ó sus dimensiones transversales sean tales que no pueda doblarse.

Las vigas *(figs. 626* y *627)* son de sección de T sencilla, formado el enrejado con hierros planos que se sujetan por abajo en otros de la misma clase *aa, a',* y por arriba en el larguero formado por dobles cantoneras *cc, c'.* Están reforzadas con montantes verticales, unos de hierro fundido *F* y otros formados de dos hierros de T sencilla *B, B,* que conservan la rigidez del sistema. Los hierros de T tienen cortado el nervio central en sus extremos para poderse roblonar con las cantoneras que forman la cabeza superior *cc* de las vigas y con las barras horizontales *aa* que las limitan por abajo.

La viga de la *fig. 628* se construye con dos hierros de T sencilla *aa,a' bb,b'* enlazadas por barras planas *A,A'* dobladas de plano para formar las V y roblonarse en las cabezas ó brazos de los hierros de T de sus largueros, según indica la figura.

876. El sistema N de la *fig. 629* se arma fácilmente, pues basta fijar con roblones los extremos de las piezas *A,B,* entre las dobles cantoneras *aa,bb* que forman los largueros ó cabezas de la viga y las abrazan por uno y otro lado, según se ve claramente en la sección de la derecha, que afecta la forma de doble T. Generalmente se da á las piezas *A* la posición vertical ó muy poco inclinada, pues que sufren esfuerzos de compresión.

En la *fig. 630* de enrejado V los extremos de las piezas A, A' y B, B' se cruzan recibiendo en su medio los brazos verticales de las cantoneras aa, a', bb, b', cuya unión se sujeta como las demás por medio de roblones. Otras veces estas barras se cruzan por su medio, en cuyo caso conviene interponer en el cruce una placa ó trozo de palastro del grueso de las cantoneras ó largueros, fijando las tres piezas con un roblón.

Estas placas son innecesarias cuando las aspas se cruzan por su medio y por sus extremos y se fijan éstos en un mismo lado de los largueros ó son abrazados por dobles cantoneras, como aparece en la *fig. 631*, en cuyo caso los roblones cogen el grueso de las cuatro piezas que se encuentran en los largueros aa, a', bb, b' además de sujetar los cruzamientos centrales c, c'.

Cuando las aspas no se cruzan por sus extremos, como en los casos de las *figs. 632* y *633*, necesitan encorvarse en el yunque para quitarles la tendencia á separar las cantoneras aa, bb si se conservaran rectas. Aun encorvadas, precisa sujetar la unión de las piezas mientras se remachan los roblones por medio de cárceles ó prensas como las de la *fig. 80*. Si las aspas tienen mucho grueso y no se pueden encorvar fácilmente para sujetarlas entre los hierros aa, bb (*figs. 632* y *633*) que forman las cabezas ó largueros de la viga, se interponen placas que den el grueso de la aspa opuesta y que estén recortadas del modo conveniente para que no sobresalgan de dichas cabezas, quedando embebidas ú ocultas en ellas. En el caso de la *fig. 632*, cuyos montantes M dan una gran rigidez á la viga, habría que colocar otras placas en los extremos de aquéllos á no darles un grueso igual al de las dos aspas, que no es lo que se acostumbra. El encorvamiento de las aspas se evita algunas veces cortando una de ellas en su cruce, como lo está la A en el detalle (*fig. 634*), ó cortando las dos, como indica el de la *fig. 635*. En ambos casos, se sujeta el empalme de los trozos por medio de dobles placas $bdac$ que los reciben en medio sujetando la unión con los roblones indicados en las figuras para que resulte con la misma seguridad que tendría el cruzamiento de las aspas sujeto por un roblón.

877. Las barras planas de los montantes y de las aspas se sustituyen con hierros angulares ó de T sencilla cuando se necesita dar á la viga una gran resistencia, empleándose entonces para ensamblarlas con las cantoneras de las cabezas unas placas $acdb$ (*fig. 636*) que se fijan entre éstas, roblonándose después á ellos los montantes mn y las aspas em, las cuales en su cruce B necesitan otra placa. Se acostumbra también cortar la parte de hierro que estorba en los extremos de las aspas y montantes para que puedan ser recibidos entre las cantoneras ó hierros que forman las cabezas superior é inferior de la viga. En caso de formarse los montantes de dos piezas pareadas y ser de mucha longitud, se interponen á trechos otras placas P que las mantienen equidistantes y les prestan rigidez.

En la *fig. 637* las cabezas de la viga están reforzadas con fajas verticales $ac, a'c'$, $be, b'e'$, en las que se roblonan las cantoneras y sirven para fijar las aspas A, A por un lado y las B, B por otro, así como los montantes M que son dobles. Tanto las aspas como los montantes son barras planas que se roblonan en dichas fajas y las primeras en su cruce n abrazan una placa circular ó poligonal del mismo grueso que las fajas ac, be. Cuando la viga maestra recibe transversalmente á otras cuyo ensamble ha de verificarse en los costados de la primera, se disponen más anchos los montantes de este punto, como se ve en M', en el cual están indicados con círculos negros los taladros donde han de entrar los pernos que sujetan dichas vigas transversales.

Se da más fuerza á la viga prolongando los montantes por arriba y por abajo para roblonarlos en los brazos verticales de las cantoneras y en las fajas ac, be, á cuyo efecto se pueden plegar en caliente con la inflexión que pide la salida de dichos brazos, según se ve en la *fig. 638*, evitando así la colocación de placas supletorias entre ellos en el medio de su longitud.

878. La *fig. 639* nos enseña otro ejemplo de enrejado para una viga compuesta enteramente de hierros de T. Los montantes son sencillos, viéndose en la figura por el revés, así como las aspas B, B' que corresponden al lado en que aquél está colocado. Las otras aspas A, A' se presentan de frente, y entre las dos reciben una placa circular en su punto de cruce, cuyo grueso es igual al del nervio de las T que constituyen las cabezas ó largueros C, C'. Para fijar bien los roblones en los extremos de los montantes y aspas, se aplanan estas piezas quitándoles el nervio central, como se observa en la sección.

879. VIGAS PARABÓLICAS.—Se da tam-

bién á las vigas la figura parabólica por la parte inferior, según se ve en la *fig. 640*. Está formada de dos hierros iguales de T, uno horizontal *aa* en la parte superior y otro de figura quebrada *bb* adaptada á la curva parabólica, enlazados ambos por barras planas pareadas *A, B* que se roblonan por sus extremos en los dos lados del nervio vertical de dichos hierros, y se refuerzan á trechos por medio de unas rodajas ó placas supletorias colocadas entre ambas y sujetas por roblones.

880. VIGAS ARMADAS DE POLONCEAU. —Del mismo modo que las vigas de madera *(figura 606)* pueden tener uno ó dos puntos de apoyo entre sus extremos por medio de bielas sostenidas en varillas ó tirantes, puede conseguirse esto cuando toda la viga se construye de hierro.

La disposición es como la indicada allí cuando la viga ha de tener una ó dos bielas; mas cuando son tres, se colocan como se ve en *B,B,B (figura 641)*, á distancias iguales unas de otras. Los puntos de contacto de las bielas con la viga superior son articulados, es decir, que aquéllas pueden tener un pequeño giro y los tirantes *T* tienen por objeto mantenerlos horizontales ó sea en la recta que une los puntos *a* y *b* cuando se carga la viga. Se da á ésta generalmente una altura de $^1/_6$ de su longitud.

ARTÍCULO II

Entramados horizontales de madera y su relleno.

881. DISPOSICIÓN DE ESTOS ENTRAMADOS.—Los suelos en que entra la madera se forman de varios modos. Lo más general es apoyar sobre los muros longitudinales de carga los extremos de los maderos denominados *de suelo*, dispuestos paralelamente unos á otros como los *ms, ms (fig. 642)*. Tienen todos la misma escuadría ó grueso y se colocan de 30 á 50 centímetros unos de otros, dependiendo de esto, así como de su longitud y del peso que han de aguantar, las dimensiones de su escuadría.

Aunque se acostumbra colocar equidistantes todos los maderos de suelo para que no choque á la vista la desigualdad de las entrecalles, si han de quedar descubiertos por la parte inferior, pudieran disponerse á distancias proporcionadas al esfuerzo que han de resistir cuando se trata de espacios que no han de variar en su distribución, pues se comprende fácilmente que los maderos de suelo sufren menos peso cuanto más cerca están de las paredes, y por lo tanto que la entrecalle inmediata á éstas puede ser mayor que las centrales. Lo contrario sucede cuando á las paredes deben estar arrimados los estantes de una biblioteca, por ejemplo, pues en este caso están aguantando un peso permanente que no carga en el centro de la habitación y debe ser más estrecha la entrecalle.

En espacios irregulares donde las paredes en que han de apoyar los maderos no son de la misma longitud, aunque se diferencien poco, no deben colocarse paralelos los maderos de suelo, sino disponerse de modo que en cada una de las dos paredes se encuentren equidistantes, haciendo para ello el reparto correspondiente de los interejes.

Cuando la crujía es muy ancha, es decir, cuando la distancia de unos muros á otros es tan considerable que no alcanza la madera que comunmente hay en los almacenes, se divide el espacio en otros rectangulares ó *tramos* de 2 á 4^m de anchura *(figura 643)* por medio de vigas maestras *aa, a'a'* de suficiente escuadría para aguantar la carga correspondiente al piso de un tramo, cuyo entrevigado se puebla con maderos de suelo *ms*. Es el mismo caso que cuando la viga sustituye á una pared (857).

882. EMPOTRAMIENTO DE LAS VIGAS Y MADEROS DE SUELO.—La estabilidad y la mayor resistencia que da á las vigas ó maderos el empotramiento de sus cabezas, aconsejan que éstas se aseguren para que aquéllas trabajen á la tracción. Cuando las vigas son de madera la sujeción puede hacerse como se indicó (715) respecto de las carreras al tratar de los entramados verticales de madera y demuestran las *figs. 432* y *433*.

Al mismo tiempo debe tenerse presente que la falta de aire y la constante humedad de que están impregnados todos los muros hasta mucho tiempo después de concluidos, hace que estas entregas se recalienten y pudran, faltando así esta condición de resistencia á la madera y haciendo además que las paredes no tengan este apoyo.

Conviene por lo tanto precaver, siempre que se pueda, la putrefacción de las entregas, especialmente de las vigas, cuya falta puede acarrear mayores consecuencias que las de los maderos de suelo. Para ello, se pueden revestir las entregas con arcillas, yeso, pintura al minio y al óleo, con brea,

con azufre ó con una hoja de plomo, cinc, tablas ó corcho. En fábricas de ladrillo debe cuidarse de sentarlos en seco por el lado que han de tocar á la madera.

Estos medios no evitan por completo que la humedad de la fábrica alcance á la madera é impiden por otra parte que ésta arroje la de que está impregnada, por todo lo cual el mejor medio es aislarlas por completo, aun cuando así se les quite la fuerza del empotramiento ó hacer que las vigas atraviesen todo el espesor de la pared, con lo que su extremo queda al aire. Esta disposición presenta mala vista, pero puede evitarse haciendo que la cabeza de la viga quede un poco retirada del paramento *(fig. 644)* y colocando una baldosa de canto *A* para formar éste de manera que resulte un espacio libre entre ella y la viga, el cual pudiera estar aireado por unos agujeros hechos á propósito en la baldosa. Donde importa poco que las cabezas de las vigas aparezcan al exterior, éstas sobresalen del paramento *(fig. 645)* y se atraviesan por llaves *cc* de madera ó hierro que se ciñen á la pared y sujetan la cabeza, formando así una especie de encadenado ó trabazón y empotramiento. Otras veces se emplean bandas ó gatillos de hierro *ee (figura 646)*, que sujetan la cabeza de la viga por un costado ó por los dos y la atirantan mediante las llaves *cc*, las cuales pueden sustituirse por placas de hierro ó cruces y se colocan en algunos edificios sirviendo á la vez para adorno de las fachadas.

883. Las cabezas de las vigas, cuando tienen la suficiente resistencia sin la que les presta el empotramiento y no se quiere exponerlas á la humedad de las fábricas, se apoyan en ménsulas de piedra *(fig. 647* y *648)* ó en cartelas de hierro laminado ó fundido, igualmente adornadas ó molduradas, todas las cuales con su salida ó vuelo no solo sirven de sosten á la viga sino que aumentan su resistencia disminuyendo la distancia entre los puntos de apoyo y hacen posible el empleo de maderas que por su escasa longitnd no podrían aprovecharse. El hierro colado, sin embargo, debe usarse con mucho cuidado por el riesgo que hay de que se rompa, y se procura que la viga no descanse solamente en la cartela sino en el muro, con objeto de que en caso de ocurrir á dicha cartela un accidente pueda la viga sostenerse dando tiempo á que se le proporcione otro apoyo. En todos casos, conviene dejar un espacio de 4 á 5 centímetros entre la cabeza de la viga y la fábrica de la pared para que la humedad de ésta no deteriore la madera.

884. Los maderos de suelo, pueden tener sus extremos ó cabezas empotrados en los muros de varios modos. Si sus cabezas están simplemente apoyadas en las paredes *(fig. 649)* no sirven bien al objeto de trabar unos muros con otros, por lo que se les sujeta sobre soleras extendidas á lo largo de éstos, ya clavándolos por el costado, es decir, *á oreja (fig. 650)* ya encepándolos con un corte *(figura 651)*, ó á modo de riostra *(fig. 652)*. También se encadenan y ensamblan, por medio de piezas *A (fig. 653)* para formar los artesonados de que se hablará más adelante.

Las soleras, colocadas en el centro de la pared, sirven de enlace entre los maderos de una crujía y los de otra, siendo para el objeto preferibles los empalmes del lado *A* al del *B (fig. 642)*. Algunos, por aprovechar maderas de corta longitud para que puedan llegar al centro de la pared, establecen dos soleras enrasando cada una con el paramento del muro *(fig. 654)* lo cual, como puede comprenderse, hace mayores los efectos de las vibraciones del piso, pues que los maderos obran como palancas de primer género, siendo tanto mayor su acción cuanto más grande es la diferencia entre los brazos. Además, las paredes resultan *degolladas*, pues las soleras no tienen la resistencia de la fábrica que ocuparía su lugar, lo que no sucede si no hay más que una solera en el centro, pues aunque se pudra queda bastante parte sana de fábrica á uno y otro lado y el hueco que resulta es en el centro donde menos perjudicial es. Sin embargo, el espesor considerable de algunos muros exigiría maderos muy largos sin gran objeto, y en este caso, pueden emplearse las dos soleras aunque colocadas á alguna distancia de los paramentos y procurando que la entrega de los maderos sea la mayor posible.

Por lo común, las soleras descansan sobre nudillos colocados transversalmente y embebidos en los muros como los que sirven para el asiento de los entramados de paredes (711).

885. La ventilación tan conveniente en las cabezas de los maderos de suelo, puede obtenerse dejando en las paredes un hueco como *mechinal* en la prolongación de cada madero de un modo análogo al indicado en la *fig. 644*, tapándolos cuando se haya secado la fábrica, pero solamente alrededor del paramento y con sumo cuidado para no humedecer la madera y acuñando perfectamente la

un revestimiento de tablas cuya unión con las piezas del entramado puede hacerse de varios modos, así como la de unas tablas con otras. Unas veces, se clavan simplemente unas al lado de otras, á junta plana *A (fig. 437)* ó á ranura y lengüeta *B;* otras veces se cubren unas á otras *C, D,* cuando se colocan horizontales, y finalmente se las entra también en ranuras abiertas en los pies derechos *E, F.* Igualmente, cuando no se quiere debilitar estas piezas y se desea haya facilidad en la renovación de las tablas que se estropeen, se las sujeta con listones *d, d (fig. 438)* que forman la ranura donde encajan las tablas *A, A,* y á cuyos listones puede dárseles cualquier moldura.

719. TABIQUES SENCILLOS DE MADERA.—En obras que se construyen solamente con madera, se emplean cerramientos ó tabiques muy sencillos de tablas, como se dibuja en la *fig. 439,* donde se trata de cerrar el espacio entre los postes *P, P.* Basta para ello sentar sobre el zócalo de fábrica, si lo hay, como en el ejemplo, una solera *ss* y á cierta altura un cabezal *cc,* ensamblados antes á caja y espiga en los postes. Para ello se comprende que debe hacerse la caja de mayor longitud que la espiga, á fin de que ésta pueda entrar oblícuamente de abajo arriba ó de arriba abajo. Sobre estas dos piezas horizontales se clavan las tablas, como indica la figura, simplemente al tope; pero esto deja paso al viento y á la lluvia, y generalmente se cubren con un listón de unos 4 centímetros de anchura y uno de grueso, llamados *cubrejuntas C (fig. 440),* que se clavan sólo de un lado para que las tablas puedan contraerse y dilatarse libremente con los cambios atmosféricos, quedando cubierta la junta en todos casos: de clavarse en las dos tablas, una ú otra se abriría ó rajaría cuando ocurriesen dichas variaciones. Si fuera grande la distancia entre la solera y el cabezal, se refuerza el conjunto reuniendo estas piezas con tornapuntas *T (fig. 439)* y un postecillo *V,* ó por medio de cruces de San Andrés. En algunas ocasiones el revestido de tablas va sobre las soleras, como en la *fig. 441,* pero en este caso hay que clavar en ellas unos ristreles *R* para que á su vez sirvan de apoyo donde clavar las tablas; este sistema tiene el inconveniente de que el agua de lluvia penetra en las juntas y pudre la madera.

Los tabiques divisorios de ciertas oficinas que no llegan al techo de la habitación, se coronan generalmente con una pieza de madera redondeada por su cara superior y hasta labrada con molduras. Son entonces sistemas de carpintería de taller, cuya construcción es como la de las puertas de que se hablará más adelante.

720. TABIQUES COLGADOS. — Los tabiques de carpintería tienen mucha aplicación en el interior de los edificios por el poco sitio que ocupan y principalmente porque bien dispuestos, como sucede á los *colgados,* no cargan sobre los pisos. Se disponen en este caso de manera que el madero de suelo *M (fig. 442),* llamado *aldabía,* esté suspendido de las péndolas *P, P,* por medio de estribos de hierro *ba,* sujetos con pernos ó pasadores. Éstas á su vez se fijan en la aldabía superior *cc,* aunque es mejor sostenerlas por las dos tornapuntas *T,* y por el puente *H.* En vez de los estribos *ab* podría quedar encepado el extremo de la péndola *P* *(figs. 443* y *444)* por cortes en cola de milano entre dos maderos de suelo *M,M,* sujetando, además, esta ensambladura por medio de pasadores; pero este medio es poco sólido por estar en el extremo de la madera y ser fácil se raje ésta al hilo. Debe preferirse el estribo ó una banda de hierro cuando el peso que cargue sobre las piezas *M* haga temer este accidente.

La *fig. 445* indica la disposición que puede adoptarse cuando en el tabique colgado no hay hueco alguno, y la *fig. 446,* que abraza dos pisos, presenta el caso de hallarse los huecos á un lado. La unión de las piezas en el punto *A* se indica detalladamente en la *fig. 447.*

721. ESTABILIDAD Y CONSOLIDACIÓN DE LOS ENTRAMADOS. — Los pies derechos de ángulo ó cornijales son muchas veces de una pieza, alcanzando dos pisos del edificio, y tienen, como las almas que sirven para verificar la unión con otros, mayor escuadría que los restantes, según se ha dicho (713). Ésta aumenta en el sentido ó dirección de los entramados, como se indica en *A, A' (fig. 448)* si es cornijal y en el del que á él se une *B, B'* si es alma, porque de lo contrario, el exceso de escuadría formaría un resalto en los paramentos, cosa poco importante si hubiera de quedar la madera al descubierto, pero de muy mal efecto si ha de recubrirse.

Los entramados de fachada se hacen verticales por el paramento interior y con un ligero talud por el exterior para resistir al empuje de los suelos. Este talud permite disminuir la escuadría de los pies superiores.

722. La estabilidad de los entramados se au-

mente medio metro de longitud por 40 $^{m}/_{m}$ de ancho y 9 de grueso.

Los embrochalados que van en un rincón ó ángulo formado por dos paredes *(fig. 665)*, se hacen colocando un brochal ó cuadral oblícuamente á los maderos de suelo y empotrando sus extremos en la fábrica. Las piezas que pueblan el triángulo formado por el cuadral y las paredes se apoyan en éstas, paralelamente al cuadral ó normalmente á él, en cuyo caso se les llama *cuartones*. En la figura son de hierro para establecer un fogón sobre ellos. El ensamble de los maderos de suelo con el cuadral, se hace á caja y espiga como detalla la *fig. 666* para que no puedan huir lateralmente.

888. Los brochales de fogones ó chimeneas se establecen á 80 ó 90 centímetros de distancia de la pared por el frente y á 40 por los costados, para que el calor no llegue á la madera. Si el embrochalado lo motiva el paso de los cañones de chimenea *T, T (fig. 667)* que van embebidos en el espesor de la pared, la distancia se reduce á unos 8 $^{c}/_{m}$.

Cuando un embrochalado tiene por objeto aliviar un dintel del peso de los maderos de suelo, el brochal puede estar adosado á la pared, como las carreras que se apoyan en ménsulas de piedra.

En el caso de que un mismo cabio sirva para dos embrochalados como le sucede á los *C, C* de la *figura 668*, que por un lado tienen un hueco de ventana *V, V*, y por otro el paso de los cañones de chimenea *T, T*, se procura que los brochales *B, B', B'* no estén á la misma distancia de la pared para que no caigan en un mismo punto dos ensambladuras, lo cual debilitaría los cabios *C, C*. Se separa entonces el brochal de los cañones de chimenea, situándolo en *B* y se colocan en su lugar falsos brochales *bb* que como de menor escuadría exijen menos profundidad en las cajas de ensamble. Pueden también evitarse estas ensambladuras, haciendo descansar los brochales en los estribos de hierro que se indican de puntos en la figura y que detalla la *204*, pero haciéndolas dobles si los dos ensamblajes caen enfrente uno de otro.

889. ENTRAMADOS CON VIGAS MAESTRAS DE MADERA.—Dividido el suelo en tramos, como las vigas han de aguantar la carga de los maderos de suelo, es preciso que sus entregas no caigan sobre vanos y que estén bien empotradas para darles mayor resistencia, tomando al mismo tiempo todas las medidas que puedan evitar su deterioro (882). Además deben descansar sobre nudillos de madera, como los indicados en la *figura 643*, los cuales sustituyen á las soleras repartiendo el peso de la viga y de lo que sobre ella carga en mayor extensión de muro que la viga. Los nudillos se sustituyen con lanchas ó losas de piedra donde este material es más asequible, teniendo la ventaja este medio de que no se pudre como la madera, y no queda, por lo tanto, debilitada la pared cuando esto sucede.

890. Los maderos de suelo pueden apoyarse sobre las vigas maestras, ya simplemente al tope por sus cabezas cuando la escuadría de aquéllas es suficiente, como se indica en la *aa, a'a'*, ya yuxtapuestas, como en la *bb*, siendo conveniente clavarlos en la viga en el primer caso y unos á otros en el segundo. Se enlazan también los maderos de suelo *M, M (fig. 605)*, por medio de bandas *bb* sujetas con pernos, y otras veces se ensamblan en la viga á cola de milano y á tercio de madera, según representa en planta y alzado la *fig. 669*; pero este medio, sobre ser caro en mano de obra, debilita la jácena y sólo se usa en artesonados de que se hablará más adelante.

Por estos medios se dejan las vigas al descubierto por la parte de abajo, lo cual es de mal efecto en ciertos casos, y para evitarlo, se les hacen muescas en los costados *(fig. 670)*, donde ensamblan las cabezas de los maderos, ó como aparece en perspectiva en la *fig. 671*, donde se ve que enrasan las vigas y los maderos por arriba y por abajo, enlazándose además éstos entre sí por medio de una banda de hierro que se aloja en la caja *cc* y se asegura con clavos. Si las vigas se hacen como representa la *fig. 602*, los maderos de suelo pueden apoyarse por simples muescas A, ó por este corte y una espiga B.

Esto, sin embargo, debilita las piezas, por lo que se acostumbra adosar unas contra-vigas *CC (figura 672)* en las que apoyen los maderos, sujetas por pernos *pp* ó por estribos de hierro, como el *bcaacb* de la *fig. 205*.

Presenta la *fig. 673* la planta de un entramado con vigas maestras, y las *674* y *675* las secciones verticales del mismo en mayor escala, dadas por las líneas *Y, XV*.

Los tramos formados por las vigas maestras *aa* en la primera figura, se dividen en compartimientos rectangulares con los maderos de suelo *A, A, B'* que al efecto tienen mayor altura en su escuadría que los restantes *B, B*, resaltando este exceso por

abajo, según detalla la *fig. 674* en *A* y *B'*. Las vigas que por sus cabezas descansan en ménsulas *M* están formadas de dos piezas de madera *(fig. 675)* entre las que se coloca un hierro I de alas ordinarias de 22 $^c/_m$ de altura que aumenta su resistencia y llevan en sus costados unas contra-vigas *C, C,* sujetándose las cinco piezas por medio de pernos *pn* que las atraviesan y se disponen de trecho en trecho. Los maderos de suelo ensamblan en las contra-vigas por medio de un corte indicado de puntos en la de la derecha. Los compartimientos se cierran en el lado de las paredes opuestas á las vigas por medio de piezas *D* que se clavan en la cara inferior de los maderos de suelo *M* para obtener la misma salida que las contra-vigas *C* y adaptar después las molduras que las ocultan formando el compartimiento del techo.

Tanto las vigas como los maderos de compartimientos tienen empotradas las cabezas ó extremidades que caen sobre las paredes, sujetándose en ellas por medio de trabas de hierro de 41 $\times$ 8 $^m/_m$ que entran en llaves verticales de 67 $\times$ 67 $^m/_m$ y 60 $^c/_m$ de longitud. Los maderos *A,A' (fig. 673)* que se corresponden sobre las vigas *aa* se unen, además, por medio de grapas *cc,* estableciéndose de este modo un encadenamiento ó trabazón entre las cuatro paredes del edificio.

891. Como generalmente las jácenas de hierro tienen poca anchura en sus cabezas, los maderos de suelo que han de descansar sobre ellas, se deben asegurar de modo que no puedan huir cuando por la excesiva flexión á que pueden estar sometidos tengan dicha tendencia: esta sujeción les proporciona además las ventajas del empotramiento.

Para conseguirlo, si los maderos de suelo se disponen como en *A, A', B, B' (fig. 676),* de modo que sus extremos estén apoyados en toda la anchura *aa* de la viga se enlazan unos con otros por medio de un perno *P,P'*, que atraviesa los extremos de cada dos maderos. El movimiento lateral á que están sujetos cuando como en el caso actual el canto del madero tiene un tercio de la altura ó menos, se debe evitar rellenando de fábrica el espacio *E* que queda libre entre todos los del entramado en la parte que coge la cabeza de la viga ó se emplea un codal de madera que sustituya al relleno.

892. Si los maderos de suelo de dos tramos contiguos se corresponden de modo que los de uno están en la prolongación de los del otro, puede hacérseles un corte vertical á media madera *aacc (figura 677)* y fijarse cada uno de los extremos con un perno *P,P'* á las cabezas de la jácena *V.* Se sujetan también con unas manecillas *mn (fig. 621)* que se amoldan y roblonan por un extremo en las alas de la viga y aseguran por el otro los maderos por medio de clavos ó tornillos *c.* Para más seguridad se coloca una grapa *g g* en la cara superior de ambos maderos, la cual evita su separación y contribuye á encadenar las paredes opuestas de la viga.

Se fija la situación de los maderos de suelo por medio de escuadras *aab, a'a'b' (fig. 678)* roblonadas en las alas de las vigas formando una canal en la que encajan aquéllos, asegurándose entre sí las cabezas de cada dos maderos con las grapas *g g.* Las escuadras pueden ser hierros de ⊥ ó sustituirse por placas *abba (fig. 679)* que en sus costados llevan unos salientes *acb, a'c'b'* para encajar entre ellos los maderos de suelo, los cuales se enlazan por una banda *dd,d'd'* y se fijan además en las placas por medio de pernos *P,P'.*

Si las jácenas tienen un alma de madera *(figura 620)* se fijan los maderos de suelo por medio de clavos *cs,* como en las vigas de madera, á cuyo efecto debe quedar espacio suficiente entre las vigas de hierro *V,V* para que por entre ellas pase el clavo.

893. Cuando se emplean grandes vigas *A,A (fig. 680)* para dividir un espacio en tramos y éstos se subdividen con otras vigas secundarias de madera *B, B'* que han de enrasar con las primeras por la parte superior para recibir los maderos de suelo *M,M,* el ensamble tiene que hacerse en los costados de la gran viga. Para efectuarlo, pueden disponerse verticalmente unos hierros de sección T ó angular *ac,a'c'* que se fijan con roblones ó pernetes en la viga *A,A'* para sujetar en ellos las escuadras *E* donde se roblonen unas placas *db,d'b',* en las que pueda asentarse la cabeza de las vigas de madera *B,B'.* Las placas pueden suprimirse si las escuadras son de brazos desiguales y tiene bastante vuelo el brazo mayor, el cual debe colocarse en posición horizontal.

Las vigas de madera se enlazan una con otra por medio de grapas *g g,* ó se sujetan á la viga *A* disponiendo en sus costados unas planchas *a'b'd'* que se roblonan en los hierros *ac,a'c'* formando una caja con las placas *db,d'b'* ó con el brazo mayor de la escuadra, en cuya caja entra la cabeza de la viga *B* y se sujeta por pernos *P,P'.*

894. ENTRAMADOS DE ENSAMBLADURA.—Se llaman así los que se forman con maderas de corta longitud relativamente al espacio que ha de salvarse: se componen de vigas y maderos dispuestos como los de un embrochalado y combinados de distintas maneras dependientes de la figura del espacio y de la longitud de las maderas disponibles. Los ensamblajes juegan aquí un papel muy principal, pues sobre ellos carga el peso del suelo y deben por esto escasearse todo lo posible en una misma viga para no debilitarla, reforzándolos siempre con bandas de hierro rectas ó angulares ó con estribos. De aquí que los entramados de ensambladura resultan caros y están hoy casi desterrados de la construcción por la facilidad que hay de comunicaciones para proporcionar las maderas de la longitud conveniente, además de que el hierro las sustituye con ventaja cuando se trata de salvar luces que pasan de los límites ordinarios. Presentaremos, sin embargo, algunos ejemplos de este sistema que ideó el arquitecto Serlio en el siglo XVI.

El de la *fig. 681*, cuyo recinto es cuadrado, se forma con cuatro vigas *ac, ac* que se apoyan unas en otras por uno de sus extremos *c*, y descansan en las paredes por el otro *a*, recibiendo los maderos de suelo *M, M*. El espacio central puede poblarse de maderos ensamblados en las vigas ó del modo que indica la figura, análogo á la colocación de las vigas. Este sistema se modifica colocando en la prolongación de las vigas *(fig. 682)*, las piezas *V', V'*, y junto á las paredes los brochales *B, B*, ensamblados en las vigas cerca de su empotramiento que es donde más resistencia tienen. Con este sistema, los maderos de suelo no descansan en los muros y las entregas se reducen á los puntos de apoyo de las vigas en las paredes, las cuales pueden sustituirse por pilares ó machones.

La *fig. 683* indica el medio de hacer un entramado con maderos cojos, cuya longitud sea solo los $^2/_3$ de la anchura *ab* de la crujía. Se apoyan por un extremo en la pared ó en soleras colocadas en ella y por el otro en brochales que se ensamblan en los otros maderos cojos, según se comprende inspeccionando la figura. Una variante de este sistema está representado en la *fig. 684*, donde los maderos cojos se encuentran unos á otros oblícuamente, lo que exije ensambladuras muy largas, por cuya razón no se da á las cajas más profundidad que $^1/_3$ del grueso ó canto de las piezas, consolidándose la unión por medio de pernos *P, P*. Como se comprende, este sistema debilita considerablemente los maderos y es además de difícil labra y costosa mano de obra.

La *fig. 685* indica una aplicación del mismo sistema perteneciente á un palacio de Holanda, donde se emplearon solamente piezas de roble de 2 metros de longitud por 30 á 35 $^c/_m$ de escuadría, para una sala cuadrada de 19^m50 de lado; la construcción de este enmaderado es como la del de Serlio, llenándose la cuadrícula que forman las vigas con maderos de suelo *M, M*, sobre los que están clavadas las tablas *T*, cuya colocación es diagonal.

895. No solamente se divide el espacio en tramos rectangulares, sino que se hacen de otras figuras estableciendo combinaciones varias entre vigas y maderos de suelo. En la *fig. 686* los cuadrales *A, A* transmiten á las paredes todo el peso del entramado, reduciendo el espacio rectangular á un octógono. Apoyando en los cuadrales se establecen los brochales *B*, y sobre éstos otros *C, C*, y así sucesivamente, pero alternando en su paralelismo, unos con las paredes y otros con los cuadrales, para formar octógonos semejantes que decrecen en proporción de su proximidad al centro. Los espacios intermedios se pueblan con maderos *M*, teniendo cuidado de que los brochales no los reciban más que por un lado para que aquéllos no resulten degollados, es decir, que no se encuentren dos ensambles en un mismo punto, uno á un lado y otro al otro. En la construcción de estos entramados se da á todas las vigas la misma altura, variando su espesor á medida que se acercan al centro, pues que soportan menos carga. Los maderos de suelo que pueblan los huecos que deja este enmaderado, deben tener su escuadría proporcional á su longitud, aunque para facilitar el trabajo se hacen todos iguales.

La *fig. 687* representa un tipo de entramado en el que los maderos se ensamblan de modo que forman en el interior de una sala cuadrada una sucesión de octógonos regulares, los cuales se hacen solidarios unos de otros por los ensambles que los unen. El primer octógono se obtiene por medio de cuatro cuadrales *A* apoyados en las paredes y sobre ellos se ensamblan los brochales *B*, continuando como en el caso anterior colocándolos paralelos unos á otros, aunque unidos á cola de milano hasta llegar al centro *C*, que puede formarse como indica la figura ó llenarse de maderos de suelo como en las *figs. 681 ó 682*.

Las disposiciones representadas en la *fig. 688*, tienen radial su entramado donde todas las vigas se ensamblan por un extremo en las soleras *sss* que forman el marco poligonal ó circular y por el otro en un nabo central labrado á modo de rosetón ó en una corona circular ó camón *ccc*, en las que encajan á caja y espiga. Las vigas radiales forman por lo regular arcos cóncavos; y si tienen gran longitud, se hacen armadas y sobre ellas se tienden los maderos de suelo *M, M*, colocados paralelamente á las paredes, formando polígonos concéntricos y equidistantes.

896. Los entramados que acabamos de describir, se forman con maderas que tienen mucho mayor la altura de su escuadría que el grueso, con objeto de que pueda darse toda la fuerza necesaria á las ensambladuras, sin necesidad de reforzarlas con herrajes; y como esta desproporción favorece su alabeo ó torcedura en sentido lateral, se procura evitar este efecto colocando normalmente entre sus costados unos tacos ó codales señalados con la letra *T* en las figuras anteriores, los cuales han de tener de longitud la anchura de la entrecalle y se introducen en ellas á fuerza de mazo, clavándolos después á las vigas y maderos. En algunos casos se disponen más oblícuamente *(fig. 689)*, en cuyo caso la sujeción consiste solamente en dos clavos.

Las vigas se ensamblan entre sí, como detalla la *fig. 690* ó como indica la *671*, cuando su encuentro es normal; y como se ha indicado para los embrochalados de ángulo *(fig. 666)*, cuando se ensamblan oblícuamente.

Esta clase de entramados, no pueden armarse sino es sosteniéndolos provisionalmente sobre andamios, los cuales no se quitan hasta que la tablazón que los ha de cubrir para formar el piso está perfectamente asegurada con clavos ó clavijas. Se les da cierto peralte en el centro para prevenir el descenso que producen los huecos de los ensambles y la flexión que sufren todas las piezas, lo cual originaría una superficie convexa vista desde abajo, de un efecto desagradable. La superficie peraltada, denominada *de vela*, está engendrada por arcos de círculo, que tienen sus arranques en las soleras de las paredes sobre que descansa el enmaderado y su punto más culminante en el centro, cuya altura sobre las soleras se determina por lo que se cree que ha de descender el entramado al hacer su asiento definitivo.

897. ADVERTENCIAS SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE ENTRAMADOS.—En todos lo casos en que unas piezas soportan la carga de otra varias, debe situárselas sobre macizos y no sobr vanos en paredes de fábrica y sobre pies derecho ó tornapuntas en las de madera, con el objeto d que haya la suficiente resistencia para aguantar su peso. La presión debe además repartirse en una superficie mayor que la ocupada por la entrega de la viga, sea colocando debajo sillares ó estableciendo cadenas verticales con materiales de mejor calidad que los empleados en la construcción de la pared según se observa en algunos edificios antiguos.

La madera de suelo que no es muy derecha debe colocarse de modo que presente su forma cóncava hacia abajo rebajando las partes más levantadas con la azuela y enrasando los bajos con tabla de ripia ó de desperdicio para quitar las desigualdades que de otra manera presentaría el suelo. Esto no sucede cuando la madera que se emplea es serradiza la cual ha de sentarse de canto.

En crujías de mucha anchura, que se salvan solo con maderos de suelo, conviene evitar su alabeo ó torcedura lateral por medio de los tacos ó codales de que se ha hablado, á no ser que la obra posterior que se haya de hacer para completar el suelo ó techo proporcione este acodalado. Especialmente es de necesidad dicha precaución, cuando los maderos de suelo son tablones colocados de canto, y en ciertos casos convendrá colocar transversalmente á ellos unas trabas ó riostras *tr (fig. 691)* en cuyos cortes *C* se alojen dichos maderos, como se indica de puntos en la figura, debiendo además clavarse en ellos para que no se levanten.

Cuando se trata de levantar tabiques transversalmente á los maderos de suelo, se dispone sobre éstos una solera *S (fig. 692)* cuya escuadría horizontal sea el espesor del tabique y la vertical el grueso del solado y de la cama en que descansa, colocando unos listones *B, B* á los costados donde pueda clavarse el entarimado *c*, para lo cual su altura será la que haya disponible entre éste y los maderos de suelo.

898. Hay necesidad en ocasiones de asegurar en lo alto de un muro las cabezas de los maderos ó de las vigas, y esto se efectúa por medio de alcayatones *ac (fig. 693)* ó de pernos *ps (fig. 694)* cuyos extremos inferiores están abiertos en forma de cola de pescado. Los pernos pueden ser dos *(figura 695)* y éstos con la brida *aa* abrazar el madero; también se fijan éstos con una banda acodillada

(fig. 696), cuyos extremos, como los anteriores, tienen la figura de cola de pescado y se empotran igualmente. Para esta operación se abre ó deja en la fábrica del muro una cavidad más ancha que el hierro que se ha de empotrar y una vez dentro se rellena con yeso, cemento, azufre, mastic ó plomo al estado de líquido ó casi líquido. El engrapamiento en sillería se hace de 8 á 15 centímetros de profundidad, según que es más ó menos dura, aumentándose hasta medio metro en fábrica de mampostería.

899. ENTRAMADOS MACIZOS DE MADERA.—En donde la madera es abundante tiene aplicación el sistema propuesto por Evans y Swain. Consiste en colocar los maderos de suelo yuxtapuestos sin el menor intervalo entre sí, uniéndolos por clavijas de 45 en 45 $^{c}/_{m}$; después se llenan las juntas y todas las hendiduras con lechada de yeso. Por debajo, para que se adhiera el guarnecido del cielo raso, se abren surcos longitudinales á cola de milano en los maderos ó se clava una red de alambre de hierro, sea directamente á los maderos, sea á unos listones clavados en ellos. Por encima, una capa de fieltro ó de tejido de crin proteje la madera de la acción del fuego y se opone á la transmisión del sonido.

En este sistema los maderos tienen una altura de 12 á 28 $^{c}/_{m}$ para las luces de $2^{m}40$ á 9^{m}, pesa muy poco y no ejerce ningún esfuerzo lateral, antes bien sirve para enlazar unas paredes con otras.

900. ESTABLECIMIENTO DE SUELOS SOBRE LOS ENTRAMADOS.—Muchos son los medios que se emplean para cerrar el hueco que dejan entre sí los maderos de suelo; varían según son los materiales y las condiciones climatológicas de la localidad.

El procedimiento más sencillo consiste en extender y clavar tablas sobre el enmaderado, unas veces normalmente á los maderos y otras en sentido oblícuo. Las tablas se acepillan generalmente por sus dos caras y las juntas de unas con otras se disponen de alguno de los modos que representa la *figura 200* y se explicaron en el párrafo 479; pero teniendo presente que de adoptarse la junta *A* hay necesidad de emplear cubrejuntas *C (figura 697)* para evitar que pase el polvo, el agua ú otras materias, y que pueda registrarse con la vista la habitación inferior cuando encoja la madera en tiempo caluroso. Estos listones ó cubrejuntas se clavan solo á una de las tablas, como se ve en la figura, para que no se rajen con las contracciones y dilataciones de las tablas dejando al descubierto la junta (719). El enlistonado puede aplicarse también á los ángulos entrantes y moldurarlo más ó menos, así como las aristas aparentes de los maderos de suelo.

Los maderos de suelo y las vigas cuando enrasan por su cara superior, pueden tener un rebajo de unos 2 centímetros donde encajar las tablas, las cuales en este caso se asierran á la medida que pida la cuadrícula formada por aquellas piezas, colocándolas paralelas á uno de los lados ó en sentido de la diagonal.

Sobre el entablado que se clava en los maderos de suelo *M (fig. 698)* se acostumbra también extender una capa de mezcla *dd*, ó mejor de *alcatifa* ó sean pedazos de ladrillo y yesones bien triturados y apretados con la paleta para hacer más abrigado y sordo el suelo, la cual recibe encima el pavimento. En otras ocasiones se clavan en los costados de los maderos unos listones ó ristreles *R (figura 699)* en los que se fijan tablas de desecho para recibir la capa de alcatifa ó mezcla hasta enrasar con la cara superior de los maderos, sobre cuyo enrase se sienta el solado ó el entarimado que algunas veces se fija en durmientes *ss* tendidos sobre los maderos de suelo.

En Inglaterra emplean un tejido formado de fibras de cocotero que se embebe en una mezcla de yeso y ceniza de cok, la cual se considera como refractaria al fuego, cuyo tejido se clava á los listones fijados en los costados de los maderos de suelo á los dos tercios de su altura, rellenándose el otro tercio con yeso.

901. En vez de emplear tablas para salvar el espacio entre los maderos de un entramado, se clavan transversalmente unos listones llamados *alfajías*, de 2 á 3 $^{c}/_{m}$ de grueso y 4 á 6 de anchura *(fig. 700)*, colocándolos de modo que su entrecalle *aa* sea menor que la longitud del ladrillo *cc*, que se pone encima. Las juntas entre éstos se toman con mortero y sobre ellos se extiende la capa de mezcla ó tortada *tt* que haya de servir para sentar el solado *ss*. Este sistema, denominado de alfajiado sencillo, necesita un ladrillo de buena calidad para que no se parta, por lo que se acude generalmente al alfajiado doble, es decir, á colocar los listones á menos de 14 $^{c}/_{m}$ para que pueda recibir el ladrillo por su anchura. Puede también suprimirse el enlistonado colocando el ladrillo *por tabla*, cuan-

do la entrecalle de los maderos de suelo es menor que el largo del ladrillo y éste se fabrica con grueso proporcionado y de buena calidad para resistir los esfuerzos á que ha de estar sometido. En este caso, el ladrillo puede ser una baldosa moldurada por su parte inferior que dé buen aspecto al techo.

Colocando muy próximos los listones y aun empleando para ello desperdicios de tabla, puede tenderse una tortada de yeso ó de barro mezclado con paja, donde queden aquellos materiales embebidos. Sobre esta superficie se extiende una capa de alcatifa, sobre la que puede sentarse el solado. En obras de poca importancia se emplean cañas juntas unas á otras y clavadas en dos ó tres puntos de su longitud á los maderos de suelo. Además suelen atarse á otra caña colocada inferiormente en el medio de cada entrecalle y paralelamente á los maderos, sirviendo de sujeción y proporcionando fuerza á las cañas, pues que por este medio el peso sobre una se reparte entre mayor número de ellas.

902. Cuando la madera que se emplea para formar el entramado no es serradiza, hay que enrasar las desigualdades de los maderos de suelo con desperdicios de tablas ó trozos de listones para evitar la carga que resultaría por el mayor espesor que en los puntos bajos habría de tener la cama de mortero que recibe el pavimento.

Si en el entramado hay algún madero de mayor altura que los demás, lo que sucede cuando ha de recibir un tabique, se clavan en sus costados unos ristreles ó listones *A, A* *(fig. 701)* de modo que su cara superior enrase con los maderos más bajos *B*, á fin de fijar en ellos las alfajías, listones, cañas, etc., sobre que se ha de extender la cama para el pavimento.

La parte inferior de estos forjados se guarnece ó enluce generalmente para dar mejor aspecto á las entrecalles y facilitar su blanqueo y limpieza.

903. Según otro sistema de forjar los suelos, se emplean listones más gruesos ó ristreles *R, R* *(figura 702)* y se clavan entre ellos sobre los maderos de suelo *M* unos listoncillos *aa* de un centímetro próximamente de grueso, llamados *latas*, sobre los que se forman con yeso unas canales ó bovedillas invertidas *B* apoyadas en el enlatado y adheridas á los costados de los ristreles por medio de clavos. Los ristreles *R* sirven luego para clavar en ellos el entarimado.

También se clavan listones en los costados y á la mitad de la altura de los maderos de suelo *(figura 703)* y sobre ellos se fijan tablas de desecho ó [...]tas *aa* envueltas en yeso, extendiendo encima al[...]tifa, escorias ú otro material análogo hasta igua[...] con la cara superior *bb* del enmaderado para q[...] sirva de cama al pavimento.

904. Empleando maderos rollizos para suel[...] pueden apoyarse en ellos *bovedillas* trasdoseadas [...] nivel *(fig. 704)* fabricadas completamente de ye[...] si los huecos entre maderos son pequeños, y de ye[...] y cascote formando un hormigón, ó de tabica[...] cuando los huecos *(fig. 705)* son de más de 0[...] Si la madera está escuadrada, aunque enteriza, h[...] que hacerle una muesca *(fig. 706)* para que [...] sostenga este relleno, bastando en algunas part[...] entomizar la madera dándole vueltas en espi[...] para que agarre el yeso. Se hacen también á la m[...]dera unas ranuras en los costados *(fig. 707)* c[...] el fin de apoyar en ella los ladrillos de las bove[...]llas y mejor aun se clavan unos listones, como [...] ve en la *fig. 708*.

Para esta clase de rellenos suelen espaciarse l[...] maderos hasta dejar una entrecalle de $0^{m}50$, au[...] que también se llegan á colocar á 1^{m} *(fig. 70[...]* cuando la escuadría de la madera lo consiente, h[...]ciendo bovedillas de rosca ó de hoja que se enr[...]san luego con mortero basto y cascote. Se coloc[...] también los maderos de suelo sobre una arista *(f[...]gura 710)*, para cuyo caso deben ser de secci[...] cuadrada.

De este modo conviene cubrir los embrochalad[...] debajo de los hogares, modificando su disposició[...] como indican las *figs. 711* y *712*, para que la b[...]veda apoye por un lado en la pared y por el ot[...] en el brochal. Cuando el rompimiento lo cierra [...] madero de suelo y en él ha de apoyarse esta bóv[...]da, como sucedería en el *E* de la *fig. 661*, se ha[...] preciso engatillarlo á la pared por medio de barr[...] de hierro *on* ó sujetar bien el ensamble *e* del m[...]dero cojo *ed* para que el empuje de la bóveda [...] separe el madero *ms* ocasionando la ruina ó caíd[...] de la misma.

905. Se forjan también los suelos rellenand[...] con yeso y cascote los huecos entre maderos *(fi[...]gura 713)*, para lo que se hace antes entre ellos u[...] tejido con tomiza colocada diagonalmente, en [...] que se sostiene la fábrica que enrasa por arriba [...] por abajo en las caras de los maderos, como se v[...] en la figura. Para ejecutar este relleno se adapta u[...] tablero por la parte inferior, sujetándolo con cue[...]das, y se colocan yesones y cascote entre la mall[...]

de la tomiza, recibiéndolos con yeso trabado: después se vierte yeso claro para tapar todos los huecos y hacer unida la superficie inferior que ha de formar el techo. En donde el yeso es de buena calidad, no hay necesidad del entomizado y basta hacer el forjado sobre el tablero colocado debajo y que en todos casos sirve para ello. El hueco que con esta clase de suelo puede dejarse de un madero de suelo á otro, suele ser una cuarta parte mayor que el ancho de los mismos.

Los huecos entre maderos se rellenan también con botes ó cacharros de barro cocido que se sujetan con clavos, tomiza y yeso, ó por medio de listones clavados en los costados de los maderos, como se representa á la izquierda de la *fig. 708*, en cuyo caso los cacharros pueden tener la forma especial que se indica en sección transversal.

Los suelos forjados es verdad que ensordecen los pisos y tienen mayor resistencia que los otros por la continuidad que su conjunto presenta, pero la madera queda sin ventilación alguna y dura poco tiempo en buen estado.

ARTÍCULO III

Entramados horizontales de hierro y su relleno.

906. SUSTITUCIÓN DEL HIERRO A LA MADERA EN LOS SUELOS.— Va extendiéndose cada vez más el empleo del hierro en la armazón de los suelos porque ofrece mayor solidez que la madera y presenta la garantía de su incombustibilidad sin que el cambio aumente sensiblemente el coste de un edificio, pues á la par que este material se abarata aumenta el valor de la madera.

En un principio se emplearon viguetas de hierro colado, aunque en casos muy especiales, entre ellos en el palacio de Westminster (Inglaterra); pero pronto se abandonó este material por prestarse poco á la flexión y exigir en cambio un peso triple de metal que empleando el hierro laminado ó forjado, cuya fabricación se hacía más fácil cada día.

907. SUELOS FORMADOS CON BARRAS DE HIERRO.—El hierro forjado en barras planas, se ha empleado en algunos casos colocándolas de canto de una á otra pared *cc, c', a, a'* (*figura 714*) á distancia de 75 $^{c}/_{m}$ unas de otras, dándoles con el forjado en frío una ligera curvatura. Sobre ellas se cruzaban unas riostras de hierro cuadradillo de unos 16 $^{m}/_{m}$, distantes también 75 $^{c}/_{m}$, las cuales se acodillaban por sus dos extremos para enlazarse con las anteriores, y últimamente se colocaban paralelamente á las primeras barras otros cuadradillos *dd, d'* de 11 $^{m}/_{m}$, separados 25 $^{c}/_{m}$ unos de otros, formando de este modo un enrejado horizontal de 25 por 75 $^{c}/_{m}$ de malla, sobre el cual se tendía la fábrica ó macizo del suelo que había de servir de cama al pavimento. Los extremos *b,b* de las barras que habían de descansar en las paredes, se abrían de la manera que detalla la *figura 715* para asegurarse en su empotramiento, cuya condición es en este caso muy importante para la rigidez del entramado. Las barras principales tenían una altura de 30 $^{m}/_{m}$ por un grueso de 9.

908. El relleno de esta clase de entramados se ha hecho también de ladrillos huecos y yeso y se ha reforzado colocando á trechos de unos 4 metros una especie de vigas armadas de hierro forjado, compuestas de un arco *abc* (*fig. 716*) apoyado en esperas abiertas en el tirante *ac*, cuyos extremos se apoyan en las fábricas ó se empotran en sillares, manteniendo la rijidez una brida *bd*. Estos cuchillos se enlazan entre sí por medio de riostras de hierro plano *ef* con codillos en los extremos para apoyar en los tirantes *ac* y dobladas al cruzar las barras *hg, hg* colocadas de un muro á otro. Se cierran más los espacios entre unas y otras por medio de hierros más delgados *ij*, que se doblan al pasar por encima de las otras á fin de que enrasen todas por debajo. Sobre esta red y colocando antes un tablero debajo, se hace el relleno con ladrillos huecos unidos entre sí con yeso.

Los cuchillos que hayan de servir para salvar grandes espacios, pueden formarse de un modo análogo al indicado en las *figs. 717* y *718*.

909. Con el objeto de preservar completamente el metal de la acción directa del fuego que produce la dilatación y por consiguiente la separación de las vigas y de la fábrica, lo cual ocasiona por último la ruina del piso y del edificio, se han ideado varios sistemas para envolver completamente las vigas en la fábrica empleando la terra cotta ó el hormigón, malos conductores del calórico. De los distintos ensayos practicados resulta que el hierro se une perfectamente con hormigón de cemento Portland y se preserva del fuego si se le protege con una capa de 5 á 7 centímetros de espesor hecha del mismo cemento.

El sistema adoptado para ello consiste en el empleo de barras planas *(a)* de hierro colocadas de canto *(fig. 719)* y atravesadas por varillas *vv* formando un enrejado que sirva de núcleo á un macizo de hormigón, según indica la figura.

Ransome propuso y se ha adoptado en muchos casos, la sustitución del enrejado anterior por barras cuadradas *(a)* retorcidas *(fig. 720)*, cuya circunstancia no les priva de fuerza y les presta una gran adherencia.

El hormigón para estos casos se compone de cinco partes de gravilla y granito partido y una de cemento Portland, valiéndose para tenderlo entre el enrejado de tableros colocados debajo á la conveniente distancia.

910. Se emplea el hormigón formando bovedillas trasdoseadas de nivel *(fig. 721)* ó paralelamente *(fig. 722)*. Las primeras se apoyan en hierros cuadrados *(a)* retorcidos de 37 $^{m}/_{m}$ de grueso, distantes $1^{m}67$, teniendo el hormigón $0^{m}38$ de espesor en el empotramiento de las barras y $0^{m}15$ en la clave. La crujía que se ha cubierto por este sistema tiene $4^{m}90$ de luz. Las bovedillas de la otra figura se apoyan en dobles hierros cuadrados y retorcidos de 25 $^{m}/_{m}$ de grueso y $7^{m}93$ de longitud, que es el ancho de la crujía. El hormigón forma arcos de $0^{m}90$ de luz y $0^{m}10$ de espesor uniforme. En los dos casos descritos, el hormigón se compone con cemento de Portland y se extiende sobre cimbras pequeñas ó galápagos, los cuales se quitan cuando ha fraguado.

911. ENTRAMADOS DE VIGUETAS DE HIERRO.— Los suelos se forman hoy generalmente con viguetas de sección I de alas iguales colocadas de canto *(fig. 723)*, empleándose algunas veces las de ʌ cuando han de recibir bovedillas. Todas ellas las tiene fabricadas la industria y en los catálogos de venta se indica, á la par que sus precios, el peso por metro lineal y los esfuerzos á que pueden exponerse. En los hierros de sección I, cada tipo de la misma altura se sujeta á dos gruesos diferentes para que puedan aplicarse en un mismo suelo aunque tengan que aguantar cargas diferentes, como son tabiques ó brochales. En la herrería se les da en frío una pequeña curvatura para que presenten un peralte de 5 milímetros por metro ó sea $^{1}/_{200}$ de la longitud, cuya curva representa poco más ó menos la cantidad que descienden cuando se las somete á su carga máxima.

Se usan también para viguería los rieles ó carriles, sea cuando haya de tener el suelo poco grueso ó cuando se tienen baratos por ser de deshecho en un ferrocarril.

912. En espacios rectangulares, las viguetas se colocan paralelamente unas á otras, como los maderos de suelo, y á la distancia de $0^{m}60$ á $0^{m}80$ y hasta de un metro de eje á eje. En la edificación común la entrecalle es de unos 70 $^{c}/_{m}$, y cuando tienen que soportar cargas entraordinarias, como en almacenes ó salones, se reduce á 50.

Al hacer el reparto de las viguetas de hierro en locales donde hayan de arrimarse muebles ú objetos pesados contra la pared, debe tenerse presente que es más importante que en la madera estrechar las entrecalles junto á dicha pared, porque sino se hace así, todo el peso cargaría en el relleno en atención á que este mobiliario tiene una anchura de 40 á 60 centímetros, que es menor que la entrecalle, y podrían producirse grietas ú otros accidentes más graves.

Cuando la anchura de la crujía que hay que cubrir con un piso pasa de 7 á 8 metros, es más conveniente, por su menor peso y coste, dividirlo en tramos de unos 4^{m} lo más por medio de vigas maestras ó jácenas, como en los entramados de madera cubriendo el espacio de unas á otras con viguetas generalmente de sección I y de 14 á 16 centímetros de altura, las cuales se sientan por sus extremos sobre aquéllas ó se aseguran en sus costados.

La *fig. 724*, que es un corte horizontal por el eje de las viguetas, indica cómo se colocan éstas cuando una de las paredes que cierran el espacio no es normal á la contigua. Puede darse á las viguetas largos distintos, según pida la oblicuidad de la pared, como se ve en la izquierda de la figura ó disponerlas según está la *cc* que apoya en el brochal *bb*, el cual ensambla por un extremo en la vigueta anterior *aa*, que hace el oficio de cabio, y por el otro se empotra en la pared.

Estos ensambles se ejecutan por medio de escuadras dispuestas, como se detalla en la *fig. 725*, donde se observa que, como las alturas del brochal *B* y del cabio *C* son iguales, hay que cortar las alas del primero con objeto de que el alma pueda juntarse á la del cabio y asegurarse la unión con las escuadras *es* que pueden venir del taller roblonadas en el brochal según se representa en *B'*, suje-

---

(a) El grabador las ha convertido en redondas en las figuras.

tándose en la obra al cabio por medio de pernetes.

Tratándose de entramar un espacio irregular, se pueden colocar las viguetas de suelo en forma de abanico *(fig. 726)*. También se acostumbra dividir el área en dos por medio de una viga maestra dispuesta de modo que quede regularizada una parte, la cual se entrama colocando las viguetas paralelas á la jácena ó perpendicularmente ensamblándose en ella por sus cabezas.

913. Aunque tratándose de hierro no son necesarias las precauciones que con la madera para el paso de los cañones de chimenea y establecimiento de hogares, hay ocasiones en que los tubos, sean de humo ó de aguas, caen precisamente en el sitio de empotramiento de una ó más viguetas de suelo y hay que disponer un embrochalado para evitar estas entregas en los muros. En otros casos, la necesidad de aliviar un vano del peso del suelo ó la construcción de una escalera, exigen también el embrochalado. La *fig. 727* presenta los distintos casos que acabamos de mencionar. En *A* se indica el establecimiento de un retrete y paso del tubo de bajada de aguas, cuya disposición debe tenerse en cuenta al colocar la viguería para prepararla con un brochal que en este caso se apoya por un extremo en el cabio *aa* y por el otro en la pared *bb*. En *B* se supone el paso de un cañón de chimenea, habiéndose separado el brochal *cc* de la pared porque es difícil hacer el relleno del espacio comprendido, si éste es muy estrecho, cuya disposición indicamos, sin embargo, en el embrochalado del vano *E*. En *D* aparece de mayores dimensiones el embrochalado para una escalera de caracol. En este caso deben hacerse previamente todos los taladros que exijan las ensambladuras de los peldaños, zancas y barandilla.

Análogamente á los entramados de ensambladura hechos de madera (894) pueden hacerse de hierro, con la ventaja en éste de que las piezas son más largas ó pueden prolongarse sin que sea menor su resistencia y de que los embrochalados no quitan resistencia; al contrario, los muchos ensambles constituyen una gran fuerza.

914. Donde haya de levantarse un tabique paralelo á las viguetas se acoplan dos de éstas, como se ve en *aa (fig. 727)*, uniéndolas con pernos de cuatro cabezas ó con cinchos, como detalla la *figura 728*, ó poniendo una sobre otra y roblonándose sus cabezas, como se representa en la *figura 615*, aunque este medio puede ser un obstáculo si en el tabique hubiera de abrirse una puerta por exigirlo así una distribución ulterior del edificio. Las viguetas dobles se colocan en todos los pisos que tengan el tabique, para que, si por un nuevo destino del edificio hay que quitar uno, no se altere la solidez del piso superior ni la de la construcción.

Si el tabique debe levantarse perpendicularmente á las viguetas de suelo, se puede obrar de dos maneras: colocando bajo el tabique un tablón *at* *(fig. 729)* ó empleando un hierro ⊔ *(fig. 730)* entre cuyos brazos se levanta el tabique, exigiendo entonces el entarimado la colocación de los durmientes *D, D* contra los brazos del hierro ⊔.

915. ENTREGA Y EMPOTRAMIENTO DE LAS VIGUETAS DE SUELO.— El empleo del hierro en la construcción de suelos, facilita extraordinariamente el encadenamiento de las paredes de que se habló en su lugar (750). Basta para ello atravesar con una barra horizontal los extremos de todas las viguetas, como lo indican las líneas *en* señaladas en el centro de los muros *(figuras 724 y 727)* enlazándolas en los ángulos de la manera que demuestran las *figs. 491* y *492* y colocar de trecho en trecho algunas llaves ó barras verticales. Quedan de este modo empotradas las cabezas de las viguetas y trabadas las paredes unas con otras. La disposición de las cadenas se modifica en el paso de los cañones de chimenea ú otros bifurcándolas, como se ve en *B (fig. 727)*. Se unen también las cabezas de las viguetas por medio de pernos de cuatro cabezas *cc (fig. 731)* dejando unos 9 centímetros de distancia entre los taladros correspondientes al perno *cc* y los de los *dd*. Los taladros se hacen algo más anchos que los pernos, con objeto de que éstos puedan entrar fácilmente en ellos y atirantarse cuanto sea posible para que sirvan al encadenamiento de las paredes.

916. Las viguetas de suelo no deben descansar directamente sobre la fábrica de las paredes, porque obrando como láminas tienden á cortar y desagregar los materiales, á no ser que éstos sean losas ó lanchas de suficiente resistencia que repartan la presión en mayor superficie. En caso contrario, hay necesidad de emplear placas de fundición ó de palastro ó trozos de hierros planos de 20 á 25 $^{c}/_{m}$ de longitud como los *ab* de la figura, los cuales se colocan debajo de cada vigueta, sentándolos bien á nivel antes de colocar éstas. Se emplean también como soleras unas barras planas de unos 55 $^{m}/_{m}$ de anchura por 9 de grueso que se

tienden sobre las paredes y en las que se enlazan algunas cabezas de vigueta por medio de llaves ó barras verticales. Estas soleras sirven al mismo tiempo para el encadenamiento de las paredes. Las soleras se hacen igualmente de madera que se nivelan más pronto que las placas de hierro y los dados ó lanchas de piedra.

917. La entrega de las viguetas en las paredes, ha de ser cuando menos de 25 $^c/_m$, procurando que queden bien empotradas y sujetas en la fábrica para que no tengan movimiento ninguno, cualquiera que sea el peso que cargue sobre ellas y por lo tanto que no puedan inclinarse, pues entonces recibirían oblícuamente la carga. Estas condiciones deben llenar especialmente las viguetas-cabios que han de sostener brochales, por lo que vamos á explicar varios medios que pueden adoptarse para el empotramiento.

Cuando se tienden soleras de madera sobre las paredes para el asiento de las viguetas, pueden fijarse éstas por medio de escarpias, que clavadas en las soleras cogen el ala inferior de aquéllas *(figura 732)* de un modo análogo al de sujeción de los rieles de una vía férrea en las traviesas. El empalme de las soleras debe encontrarse debajo de las viguetas.

Se fijan las cabezas de las viguetas empleando barras planas *aba*, *a'b'* plegadas por su medio á otra barra redonda *L* llamada *llave* que se coloca verticalmente en el macizo de la pared. Los extremos de la barra *ab* se fijan con roblones ó pernetes á la vigueta, á la que abrazan y mantienen atirantada. La barra plana se dispone también como se ve en la *fig. 733*, con un ojo en el extremo para que por él pase la llave *vv* á la que se da comunmente 40 centímetros de longitud por 2 de grueso. La barra *ab* llamada *tirante*, está sujeta á la vigueta por medio de dos roblones ó pernetes. Se acostumbra igualmente roblonar al extremo de las viguetas, unas barras planas *ac*, *ac (fig. 734)* encorvadas en sentido contrario una de otra, para empotrarse en la fábrica de la pared. También se emplean trozos de barras que se atraviesan normalmente en el alma de las viguetas como la *bb (figura 735)* y pueden servir de cadenas haciendo que sea una barra continua la que pasa por todas las viguetas, como se ha dicho (915).

Se ha propuesto el empleo de cojinetes de hierro fundido *(fig. 736)*, los cuales se fijan en la fábrica por medio de pernos *P*, cuyas extremidades inferiores se abren en forma de cola de pescado. Los cojinetes tienen una cavidad con la forma exacta de la vigueta para que ésta entre en ella por su extremo, sujetándose por pernos *nn*, según se representa en la figura.

El medio que generalmente se emplea por su sencillez es, sin embargo, el de hender y encorvar las extremidades de las viguetas por su medio, como se indicó en la *fig. 715* dando á los brazos *bc* unos 15 $^c/_m$ de longitud y haciendo el codo en ángulo recto, volviendo una mitad de la vigueta hacia un lado y la otra mitad al contrario.

918. Si se corresponden en línea sobre una pared las viguetas de dos crujías contiguas, pueden unirse sus nervios verticales por medio de bandas, como la *aa* de la *fig. 394*, formando así cada dos viguetas correspondientes una sola continua que enlaza las paredes sobre que descansan las otras extremidades, para lo que se disponen en éstas las cadenas y llaves de que se ha hablado (915). Si las viguetas no se corresponden en las dos crujías porque están espaciadas á distinta medida ó por otra causa, se empotran separadamente cuando el espesor de la pared lo consiente ó se unen entre sí con barras redondas ó pernos de cuatro cabezas, de un modo análogo al de la *fig. 731*.

919. ACODALAMIENTO DE LAS VIGUETAS.—El poco grueso del nervio vertical en las vigas de doble T favorece su flexión transversal contra cuya propensión hay que prevenirse. En los hierros Zorés no es tan grande esta tendencia, pero en cambio pueden cerrarse sus ramas cuando son comprimidas por bovedillas ú otra clase de relleno, ó abrirse, por el contrario, cuando sufren un esfuerzo vertical para el que no están preparadas. Los esfuerzos que tienden á doblar las viguetas de I se contrarestan procurando mantener invariable la distancia ó paralelismo de unas con otras por medio de codales de madera ó de hierro llamados también *travetales*, cuyo empleo depende del sistema que haya de adoptarse para rellenar ó salvar el espacio comprendido entre las viguetas.

920. Los codales de madera son trozos de tablón *A (fig. 737)*, de unos 7 $^c/_m$ de grueso y de la anchura que pide la altura de las viguetas de suelo para que enrasen con las cabezas de éstas, para lo cual se les hacen los cortes indicados en *r* y *t*. Se introducen entre las viguetas á golpe de mazo y se aseguran en su posición por medio de cuñas aplicadas entre sus extremos y las viguetas.

Muchas veces el acodalado se hace con dos listones ó ristreles *(fig. 738)*, uno *B* apoyado en las alas inferiores de las viguetas que sirve además para sostener el techo ó cielo raso, y otro *A* colocado sobre las cabezas superiores de las mismas para recibir el pavimento y los cuales se sujetan algunas veces con tornillos en dichas cabezas. En ambos ristreles se hacen los cortes convenientes para encajar con las alas de las viguetas.

Los codales forman líneas paralelas transversales á las viguetas y á la distancia que convenga para que sirvan de asiento al entarimado cuando el pavimento ha de ser de madera y para el forjado de los techos.

921. Cuando se emplea el hierro para travetales, se adoptan disposiciones varias combinándose muchas veces el acodalado con el arriostrado ó enrejado que es necesario establecer para sostener los materiales con que se rellenan los huecos comprendidos entre las viguetas de suelo.

El acodalamiento más sencillo que se hace consiste en colocar en medio de la altura de las viguetas ó sea en la línea neutra donde menos se debilita su resistencia, unas barras planas *bb (fig. 739)* de 80 por 6 $^m/_m$ próximamente de altura y grueso, las cuales se acodillan á escuadra por sus extremos para sujetarlas por medio de pernetes que sirven á la vez para las barras de dos entrecalles contiguas, quedando así unas barras en prolongación de otras.

Se emplean mucho para acodalar, los pernos de cuatro cabezas de 16 á 20 $^m/_m$ de grueso, colocados á un metro de distancia unos de otros próximamente, también en la línea neutra de las viguetas *(figura 740)*, ó un poco más bajos, pero de manera que los taladros estén separados en una misma vigueta los 9 $^c/_m$ que se aconsejaron para el empotramiento (915) disponiéndolos como se indica en la *(fig. 726)*, para que formen con la vigueta un entretejido cuya malla hace solidarias todas las piezas del entramado.

Se da á los codales la forma de gancho por sus extremos *ac (fig. 741)*, empleando para ello cuadradillos de 14 á 20 milímetros, que se sitúan de 80 á 90 centímetros unos de otros, acodalando unas veces la línea media ó neutra de las viguetas, como en la figura, y haciéndolos bajar otras hasta enrasar con la cabeza inferior de éstas, según se ve en la *fig. 742*. En los dos casos, para mantener paralelas las viguetas, es preciso que los codos *c,b* ajusten contra las almas de las mismas evitando que se tuerzan ó inclinen. Cuando entre las viguetas se voltean bovedillas, se disponen como en la *fig. 741*, de manera que queden embebidos en ellas ó se les da la forma arqueada de la *fig. 743*. Los extremos de los cuadradillos que han de empotrarse en la pared, se disponen con unas muletillas ó codos, mediante los cuales queden sujetos en la fábrica.

Los travetales son también dobles barras planas *aa,bb (fig. 744)*, que se acodillan por sus extremos, dándoles la figura de cola de milano *a′, b′*, para sujetarlos en las almas de las viguetas por medio de pernetes, cuyo sistema debilita á las viguetas por hacerse los taladros en puntos distantes de la línea central ó neutra, que es donde deben situarse.

Para evitar este inconveniente se disponen barras continuas por encima y por debajo de las viguetas, según indican las *aa, bb* de la *fig. 745*, y se sujetan en las alas de éstas por medio de manecillas *M,M* roblonadas á dichas barras. Las inferiores pueden ser trozos independientes *(fig. 746)* que se colocan de canto y se retuercen por sus extremos para presentarse de plano por debajo de las viguetas y engatillarse en sus alas por la forma de gancho que se les da.

922. Los hierros de T acodalan las viguetas de varias maneras. La más sencilla consiste en colocarlos sobre ellas *(fig. 747)* quitándoles para ello el nervio vertical en su encuentro con las viguetas para que descansen sobre éstas por sus cabezas.

Esta clase de hierros se encorvan también por sus extremos por medio del caldeo en la fragua, de la manera que indica la *fig. 748*, para que sus cabezas puedan sujetarse en el alma de las viguetas por medio de pernetes.

Los codales de T sencilla ó doble pueden descansar sobre las alas inferiores de las viguetas asegurándose en ellas por medio de pernetes simplemente ó empleando escuadras *E (fig. 749)* roblonadas en dichos travetales y fijadas al alma de las viguetas con pernetes.

923. Cuando las viguetas se separan más de un metro unas de otras, se acodalan con hierros de I empleando las escuadras *E* aplicadas á ambos lados del travetal ó á uno sólo, según se crea conveniente. Se asegura la inmovilidad de las viguetas *(fig. 750)* empleando en la unión las planchas de ensamble *ea* que alcanzan toda su altura, roblonándose en ellas la escuadra *ec*, con la que se fijan en

el alma de la vigueta por medio de un pernete *cn* colocado en la mitad inferior de la misma. El travetal se fija por medio de pernetes en la plancha de ensamble, quitándole para ello la parte de ala que estorba, cuya operación se hace en el taller.

En ocasiones conviene disponer los codales de sección I de modo que enrasen por abajo ó por arriba con las viguetas, de la manera que detallan las *figuras 150* y *151*, donde los hierros señalados con las letras *B, B'* representan los codales que ensamblan con las viguetas de suelo *aa*.

924. Aunque por la forma de su sección no son tan fáciles de doblarse los hierros Zorés, ya sean de U ó de V, hay que prevenirse contra la tendencia que tienen á cerrarse ó abrirse (919). Para ello se acodalan con hierros de T *(fig. 751)* sujetos en los bordes inferiores de las viguetas por medio de roblones ó pernetes y se evita que se cierren por medio de gatillos *gg* que pueden venir roblonados del taller. Los codales se hacen también de cuadradillos acodillados por sus extremos, como el *aa* *(figura 752)*, para apoyarse en los bordes inferiores de los hierros Zorés. Se atirantan y acodalan éstos al mismo tiempo, haciendo que los cuadradillos entren por sus extremos en unos ojos practicados en los gatillos, á los que se da la forma *agga* de la *figura 753*, sujetándose en ellos por medio de cuñas *c*. El atirantado puede asegurarse también empleando pletinas continuas según se indica de puntos en *ccc'* *(fig. 754)*, las cuales enlazan todas las viguetas.

925. Cuando para el establecimiento de suelos se utilizan los carriles desechados del servicio de ferrocarriles, ya como viguetas de suelo ya como umbrales de puertas, ventanas ú otros vanos en cuyos sitios se colocan pareados, se acodalan manteniendo constante su separación por medio de los pernos de cuatro cabezas situados en el nervio vertical de los carriles.

926. FORMACIÓN DE SUELOS SOBRE ENREJADO DE MADERA Ó HIERRO.— Cuando para el acodalamiento de las viguetas de suelo se emplean piezas de madera que abrazan toda la altura de aquéllas, es muy fácil colocar el entarimado del piso sobre los codales si éstos enrasan por su cara superior con las cabezas de las viguetas, como los de las *figs. 737* y *738*. Los codales en este caso deben estar á la conveniente distancia, según pida la resistencia de las tablas, intercalando, si no, otros. Se pueden también clavar unos listones sobre los codales y sentar encima ladrillos para recibir la cama del solado del mismo modo que se explicó al tratar de los entramados de madera (901) y según demuestra la *fig. 700*.

Sobre los codales puede también clavarse un enlistonado *tn* *(fig. 737)* con espacios ó huecos de 1 á 2 centímetros como aparece en la figura y envolverlo en una tortada de yeso, mortero ú hormigón, para formar un forjado rígido y resistente donde pueda descansar el pavimento. Para tender esta mezcla se coloca antes por debajo un tablero que la sostenga, el cual se quita cuando ha fraguado aquélla, para formar la tortada en otro punto.

727. Si el acodalado de hierro no presenta barras á la altura de las cabezas superiores de las viguetas, pueden tenderse en ellas unos cuadradillos de hierro de 8 á 10 milímetros de grueso espaciados de 20 á 30 centímetros, para formar con ellos un enrejado sobre el que se asienten ladrillos ó baldosas que reciban la cama del pavimento. El enrejado puede también servir de núcleo á una tortada gruesa de yeso, como la descrita en el párrafo anterior, la cual una vez fraguada presente la resistencia bastante para recibir el pavimento. Los cuadradillos deben amoldarse á las cabezas de las viguetas que cruzan y sujetarse á ellas con tornillos, tanto para su mayor firmeza y resistencia como para que sirvan de codales y conserven verticales las viguetas.

En vez de los cuadradillos para sostener los ladrillos, se emplean en ciertos casos barras planas ó hierros de T colocados inversamente ⊥, los cuales deben fijarse con pernetes á las viguetas.

928. RELLENO MACIZO SOBRE ENREJADO.— El relleno del espacio comprendido por viguetas de hierro, se puede hacer con mampostería, hormigón ó yeso sostenido por un enrejado, pues no presentan apoyo bastante las alas ó brazos de los hierros laminados por la gran distancia á que se colocan comparada con la naturaleza del relleno. De aquí que, en unión de los codales ó sin contar con ellos, se hayan ideado y empleado varios medios de hacer dicho enrejado.

Aprovechando las barras de arriostrar ó acodalar de las *figs. 742* y *744* á *747* se tienden sobre ellas cruzándolas, ó sea paralelamente á las viguetas de suelo, otros cuadradillos *C, C* de 8 á 12 milímetros de grueso, colocados á distancia de 25 á 30 centímetros unos de otros, según sea la anchura de la entrecalle, pudiendo disponerse el cruce con

los codales ó riostras de la manera indicada con las mismas letras en la *fig. 755*, para que enrasen por debajo y presenten más igualdad al forjado del cielo raso. Se hace también doble este arriostrado empleando varillas de unos 8 milímetros de grueso dispuestas como se representa en *aca*, *a'c'* (*figura 756*).

Si los codales están situados á la mitad de la altura de las viguetas, como en las *figs. 740* y *741*, se da á las varillas que forman el arriostrado la forma *gac* indicada en la *fig. 757* para que puedan colgarse de los codales *P* y presentarse por la parte inferior *gb*, con objeto de forjar el cielo raso. Estas varillas tienen generalmente un grueso de 10 á 13 milímetros.

Empleándose en el acodalado los hierros de T y I de las *figs. 749* á *751*, puede hacerse el arriostrado del mismo modo acabado de explicar ó empleando pernos de cuatro cabezas, cuyas tuercas *P*, *P* aparecen en la *fig. 750*.

Algunas veces la resistencia del relleno permite suprimir el acodalado y basta colocar á trechos por la parte inferior de las viguetas de suelo unas pletinas dobladas por sus extremos, según se ve en *gg* (*fig. 747*), para engancharse en las alas de las viguetas ó hacer en las pletinas unos codos que puedan sujetarse en el nervio vertical de dichas viguetas, como la *bb* de la *fig. 744*.

929. Cuando se gasta yeso, se maciza generalmente el espacio comprendido entre las viguetas de la manera que se indica en la *fig. 740*, lo cual da una gran solidez. Si el techo pertenece á sótanos ó sitios húmedos, se emplea en el relleno la mampostería hidráulica, el hormigón de cemento con ladrillos machacados ó una mezcla de cemento, cenizas de cok y arena de mina, dejando en todos casos el tablero que se pone para sostenerlo, todo el tiempo necesario para que fragüe la mezcla.

Este relleno se presenta plano y áspero por ambos lados en disposición de recibir encima el solado y poder ser enlucido por abajo como cielo raso. Se le da también la forma de artesones, y para ello, una vez puesto debajo el tablero que ha de sostenerlo, se colocan yesones en seco hasta conseguir el espesor de unos 10 á 11 centímetros, arreglándolos de modo que formen una canal curva *aoa* (*fig. 742*) entre las viguetas. Después se disponen transversalmente unos alomados á distancia de 40 á 50 centímetros unos de otros para sentar encima unos ristreles como los *D*, *D* (*fig. 740*) donde clavar las tablas del suelo, y últimamente se arroja yeso claro en este macizado para que llene todos los huecos que hay entre los yesones, teniendo cuidado, antes que fragüe, de darle groseramente con la paleta la figura de una artesa entre cada dos transversales.

930. SUELOS CON TECHOS DE BALDOSAS.—Colocando las viguetas á menos de 45 centímetros unas de otras, se emplean para formar el techo ó cara inferior del suelo, baldosas resistentes de barro ó de yeso con su cara moldurada, como la representada en la *fig. 623*, las cuales para fijarse en las alas inferiores de las viguetas acostumbran á tener en sus costados ó cantos unas ranuras.

Si las viguetas están á más de 50 centímetros de distancia se emplean tres filas ó más de baldosas que pueden tomar diferentes disposiciones, siendo de ello ejemplo la *fig. 758*, que representa el aspecto de un artesón, y la *759*, cuya forma abovedada puede adoptarse para entrecalles de un metro de anchura. Las baldosas se asientan cogiendo sus juntas con yeso ó cemento y encima se extiende alcatifa ú hormigón hasta enrasar con las viguetas, las cuales deben cubrirse para sentar sobre esta cama el solado, quedando así preservado el hierro de la acción directa del fuego en caso de un incendio.

En las Landas (Francia) se han empleado ladrillos cortados oblícuamente y con ranuras á cola de milano en sus cantos, las cuales, después de colocados los ladrillos, se rellenan con mortero de cemento. Fraguado éste, forma el enladrillado una losa resistente que no necesita ni aun las viguetas de suelo para sostenerse cuando la anchura de la crujía no pasa de cuatro metros, según ha comprobado su inventor Darrigan. El cemento puede ser sustituido con yeso tomando las precauciones convenientes para prevenir los efectos que produce el aumento de volumen. Pudieran formarse arqueados ligeramente estos enladrillados y constituir así unas bóvedas tabicadas.

931. BOVEDILLAS SOBRE VIGUETAS. Apoyándose en las alas inferiores de las viguetas se voltean bovedillas tabicadas (*fig. 723*), ya sencillas, ya dobles, cuyos ladrillos se toman con yeso, con buena cal ó con cemento y después se enlucen y pintan por debajo. Es muy importante llevar la construcción de manera que se contrarresten los empujes de unas bovedillas con los de otras si las viguetas no se encuentran acodaladas, pues de lo contrario se producirían flexiones en dichas viguetas. Lo

general es, sin embargo, acodalarlas con pernos de cuatro cabezas ó con barras acodilladas *(figs. 741* y *743)*, cuyos hierros quedan embebidos en el espesor del ladrillo.

Sobre estas bovedillas se extiende hormigón, yeso ó alcatifa hasta enrasar con las cabezas superiores de las viguetas á fin de poder sentar encima el solado. Se hacen también planas las bovedillas, pero en este caso, además de tomarse las juntas de los ladrillos con buen yeso ó cemento, se deben voltear encima otras bovedillas mas peraltadas para sostener el pavimento.

Sin necesidad de acodalar ni arriostrar las viguetas de suelo, se construyen sobre cimbras pequeñas ó galápagos, bovedillas de hormigón hidráulico ó de yeso con cascote de ladrillo ó yesones apoyadas en las alas inferiores de las viguetas ó contra las ramas de los hierros Zorés. Se emplea también para la construcción de estas bovedillas una mezcla compuesta de cemento Portland, ceniza de cok y ladrillo machacado al tamaño de 4 centímetros.

932. Por la ventaja de interceptar el paso al ruido, merced á la capa de aire que se aloja en su interior, son muy aplicados los ladrillos huecos para formar las bovedillas. Pueden además economizar el acodalamiento y arriostrado si ocupan toda la altura de las viguetas y esto sin aumentar el peso de un modo sensible.

Se emplean ladrillos huecos de varias formas y tamaños como indican las *figs. 760* y *761*, los cuales sirven al mismo tiempo de techo, pues vienen adornados de la fábrica. Como en las bovedillas tabicadas, también aquí se embeben los codales en el espesor y se hace la misma clase de relleno para enrasar con la cabeza superior de las viguetas, y se refuerzan con otra capa de ladrillos comunes ó huecos *(fig. 23)*, sentados sobre los moldurados con una capa de mezcla intermedia.

Los hierros Zorés por su forma asalmerada se prestan admirablemente al volteo de estas bovedillas, según se representa en la *fig. 754*, debiendo precaverse la tendencia de los brazos á cerrarse por efecto del empuje de las bovedillas, haciendo que las barras *cc'* ó los gatillos *agga* de la *fig. 753*, puedan resistir sin doblarse el esfuerzo de compresión en que se convierte el empuje dicho.

933. Si las bovedillas han de quedar al descubierto por debajo, las correspondientes á las entrecalles formadas con las paredes apoyan en un resalto de éstas, que debe tener de salida la mitad del ancho de las viguetas ó en un hierro I ó [adosado y embebido en parte en la fábrica; y si la pared se interrumpe como sucede en la parte *bd (fig. 727)*, habrá que colocar en este vano un trozo de vigueta ó dos, como aparece en la figura, cuando el espesor de la pared *ob* los exija, para que en ellos estriben las bovedillas de uno y otro lado.

934. RELLENO CON LADRILLOS HUECOS.—Se emplearon primero una especie de pucheros *(fig. 762)*, con sus caras estriadas para que quedaran sujetos por el yeso que se echaba entre ellos y presentaban un plano inferior para el enlucido del cielo raso, ocupando generalmente toda la altura de las viguetas con objeto de sentar el solado.

Hoy se fabrican ladrillos de varias formas y tamaños y se colocan como aparece en la *fig. 752*, lo que permite dar al forjado el espesor que se quiera; el mas delgado tiene un espesor de 6 á 7 centímetros y el mas grueso la altura total de las viguetas. Generalmente se colocan de canto para obtener 11 centímetros de espesor. Este forjado exige el acodalamiento ó el arriostrado para sostenerse, si sobre él ha de establecerse el solado; pero no es tan necesario cuando éste se hace descansar sobre ristreles de madera tendidos sobre las cabezas superiores de las viguetas, los cuales se entallan en ellas por medio de escopleaduras haciendo entonces de codales como el *A* de la *fig. 738*, ó se aseguran con yeso que los ampare por sus dos lados en toda su extensión como los de *D*, *D (fig. 740)*.

Colocando un tablero *ac (figs. 763* y *764)*, por debajo y contra las viguetas, se sientan sobre una capa de yeso tosco los ladrillos huecos ó dovelas *s* de los costados, descansando en las alas inferiores de las viguetas y haciendo de salmeres; después se van recibiendo con yeso á juntas encontradas las dovelas restantes á uno y otro lado hasta la clave, que se asienta sobre yeso abundante.

Los ladrillos de la *figs. 764* y *765* que encajan los unos en los otros, sirven al objeto de cerrar los espacios entre las viguetas empleando muy poco yeso en las uniones de unos con otros los cuales por sí solos se sostienen, una vez que se haya tenido cuidado de mantenerlos en su posición mientras se colocan. Los que se apoyan en las vigas son de longitud variable como los *A* y *B* para que no haya continuidad en las juntas. Se comprende que su colocación ha de ser entrándolos horizontalmente. La *figura 766* representa otra clase de ladrillos huecos llenando entre dos la entrecalle. Los de la *figu-*

ra 767 son de una pieza para cada entrecalle con los huecos en sentido longitudinal y los de la *figu- 768* en sentido transversal.

Si los ladrillos huecos no alcanzan la altura de las viguetas se ponen dos capas una sobre otra, lo cual es más ligero que el macizado con yeso ú otro material.

Empleando hierros Zorés, se procura que los ladrillos cubran en lo posible las cabezas inferiores de las viguetas con objeto de sostener el guarnecido del cielo raso, á cuyo efecto tienen además surcada la cara inferior por estrías ó ranuras á cola de milano. Este relleno descansa en el arriostrado que forman las barras *aa (fig. 752)*, cuyos extremos se hallan encorvados para apoyarse en las alas inferiores de las viguetas.

Se emplean también ladrillos huecos de 30 centímetros de longitud y unos 6 de grueso, cuya sección es trapezoidal á modo de dovela, los cuales se ajustan entre sí á cola de milano en el sentido transversal. En sus dos caras horizontales tienen los surcos ó estrías de que se ha hecho mérito.

Las juntas entre esta clase de ladrillos se rellenan de hormigón ó yeso, y el todo se cubre por encima y por debajo con una capa de la misma clase de mezcla.

Estos rellenos tienen el inconveniente de que anidan en ellos los roedores, y sino se fabrican de la longitud necesaria para que alcancen la distancia entre las viguetas de suelo, no resulta el piso homogéneo y sí permeable por las quiebras que se producen.

935. Bouziat es el inventor de una clase de ladrillos huecos de yeso como los que indica la *figura 769*. Estos ladrillos se fabrican á la medida de la altura y de la separación de las viguetas. Los huecos están formados por pirámides truncadas de 0^m25 de altura y cuyas dos bases se hallan inscritas en círculos de 0^m125 y 0^m130 de diámetro: las partes macizas tienen 0^m02 de espesor y el fondo de las cavidades está agujereado para que sirvan de apoyo al revoque del cielo raso.

Se colocan sin andamiaje por trozos de 1 metro de longitud introduciéndolos de un modo oblícuo para que puedan apoyarse en las cabezas inferiores de las viguetas. Con este objeto tienen más anchura abajo que arriba. Se les encarcela luego echando yeso en los huecos *a,a* comprendidos entre los ladrillos y los costados de las viguetas. Éstas se mantienen invariables en sus distancias respectivas por medio de riostras *rr* que abarcan cada dos viguetas y que se colocan de dos en dos metros.

Hoy se fabrican los ladrillos huecos de yeso en piezas de unos 60 centímetros de longitud, 50 de anchura y 10 de alto, dando un espacio hueco de 30 á 40 por 100, los cuales descansan como los anteriores en las alas inferiores de las viguetas I, economizándose el arriostrado pues se sostienen por sí solos sin más que tomar sus juntas con yeso, lo mismo las que forman unos con otros como las de unión con el hierro.

936. RELLENO DE YESO CON HUECOS CILÍNDRICOS.—El macizado de yeso entre las viguetas de que se ha hablado (929), se puede aligerar haciendo huecos cilíndricos y longitudinales en él. Este sistema presenta grandes ventajas bajo el punto de vista de la economía, de la sencillez y de la prontitud de ejecución. He aquí en qué consiste: se coloca el tablero *acb (fig. 770)* debajo de las viguetas, se extiende yeso entre ellas para formar la cama á unas botellas que se disponen paralelamente dejando entre sí un espacio de 2 centímetros próximamente y se cubren con yeso hasta enrasar con la cabeza superior de las viguetas. Mientras un albañil ejecuta este trabajo, otro saca las botellas tirando por el cuello al mismo tiempo que las hace girar, de modo que presenten de nuevo su superficie al que ejecuta el relleno. Se comprende que no debe tirarse de las botellas mientras el yeso que las envuelve no haya adquirido la consistencia necesaria.

937. FORMACIÓN DE SUELOS SOBRE VIGUETAS EMPLEANDO PALASTRO.—Sobre las viguetas separadas un metro próximamente se extienden formando bóveda las hojas de palastro *aec (fig. 771)*, cuyos bordes se doblan para que descansen sobre las alas de las vigas, sujetándose además con roblones. Se completa el acodalamiento con barras transversales *rr*, que enlazan las cabezas superiores de las viguetas uniéndose á ellas por roblones. Las juntas de unas planchas con otras se refuerzan con hierros de ⊥ arqueados como se indica en *ae*, ó en simples barras planas, fijándose en ellas con remaches. Si las planchas tienen mucha longitud deben colocarse algunos de estos refuerzos intermedios. Los bordes de las planchas que terminan en las paredes se fijan con remaches en hierros angulares arqueados empotrados en la fábrica para suplir la fuerza que presta el roblonado por los otros bordes. Sobre este palastro se

extiende hormigón ó alcatifa para formar la cama al solado, enrasando con la cabeza de las viguetas. El palastro puede también formar bóveda sobre las cabezas superiores de las viguetas para sentar sobre ellas el solado: entonces el acodalado que forman las barras transversales debe enlazar las cabezas inferiores de las viguetas, sirviendo de este modo para el enrejado del cielo raso.

Se han empleado viguetas de triple T *(figura 772)* con dos bovedillas de hormigón, sobre hojas arqueadas de palastro; la inferior roblonada en las alas inferiores de las viguetas y la superior apoyada en las intermedias.

Estos pisos tienen el inconveniente de ser muy pesados y exigir por lo tanto, hierros de mucho grueso.

938. Para salvar los espacios que dejan las viguetas colocadas á más de un metro de distancia, se emplean planchas de palastro ondulado *(figura 773)* dispuestas de modo que las canales que forman estén en sentido transversal y se apoyen en las alas inferiores de dichas viguetas á las cuales además se roblonan para más seguridad, como aparece en *a (fig. 774)* cuya operación se efectúa también en las uniones de unas hojas con otras. Se colocan también dobles planchas, como se demuestra á la derecha de la figura, cuando el destino del piso lo exige así. Sobre las planchas se extiende hormigón para el asiento del solado.

Si éste es de tabla, se colocan entre el hormigón unos tarugos de madera *T*, cortados en forma de cola de milano con objeto de que no puedan levantarse y sirvan para sujetar en ellos los durmientes ó tablas del solado.

939. BÓVEDAS DE ROSCA SOBRE VIGUETAS DE SUELO.—Cuando la separación de las viguetas es de 1^m5 á 2^m, se pueden voltear bóvedas de ladrillo rebajadas $^1/_8$ ó $^1/_{10}$. Las viguetas son de alas anchas *(fig. 775)* y tienen mayores dimensiones que las indicadas hasta aquí, siendo de importancia apoyarlas en puntos sólidos y colocar tirantes que enlacen unas con otras hasta las paredes de los testeros para contrarrestar los empujes. Los tirantes pueden ser seguidos *et*, empleando tuercas *t*, que los sujeten en las almas de las viguetas. Las bóvedas se fabrican de rosca con cemento de buena calidad ó de tabicado doble con yeso, y se enrasan con las cabezas de las viguetas por medio de alcatifa ú hormigón hecho de cascote para recibir la solería.

ARTÍCULO IV

Asiento y empotrado de las vigas ó jácenas sobre muros y sobre columnas ó postes y entrevigado apoyado en ellas.

940. ASIENTO DE LAS VIGAS EN LAS PAREDES.—Por el mayor peso que carga sobre ellas necesitan las jácenas mejor asiento que las viguetas (916) cuando los materiales de que está construida la pared no presentan la suficiente resistencia, y se hacen descansar sobre sillares ó sobre placas de fundición ó palastro fuerte á fin de repartir las presiones en mayor superficie.

941. Empleándose sillares, es muy común que sean salientes en forma de ménsulas, sirviendo de adorno á la par que para apoyar y aumentar la resistencia de las vigas, pues que resultan de menor longitud ó luz. Cuando la viga se forma de cantoneras como en la *fig. 776* aparece, se hace que éstas vuelvan de escuadra *ab* en el aplomo *cc* del paramento de la pared para que formen recuadro.

942. Las placas de fundición que han de recibir estas vigas tienen de 3 á 4 centímetros de espesor por 30 á 35 de longitud y se disponen con rebordes salientes en su cara superior como detalla la *fig. 777* para que encajen las alas de las vigas, dándoles algunas veces otro reborde saliente *s* por el canto que ha de presentarse en el paramento de la pared, el cual se corresponda con la moldura de la columna si la viga se apoya en ellas por su medio ó por su otro extremo. En este caso, se dispone la cara superior de la placa donde asienta la viga un centímetro próximamente más alta que el de la columna á fin de que cuando haga asiento la pared donde está la placa, tome la viga el nivel descansando sobre la columna, la cual no baja como la pared. La superficie superior de la placa donde descansa la viga se alisa, y si está roblonada, hay necesidad de que las cabezas de los roblones estén embutidas en el grueso del hierro como las *E* ó *F* de la *fig. 70* para que presenten una superficie lisa y haya el mayor contacto posible.

Si la placa ha de servir de asiento á dos vigas gemelas, se dispone con un resalto en su medio *B* *(fig. 778)*, como los rebordes laterales *A*, *A*, dándole la anchura que pida la separación de las vigas.

943. La entrega de las vigas en las paredes

debe asegurarse por medio de llaves como se ha indicado para las viguetas de suelo, pero dando á la llave *L (fig. 732)*, un metro de longitud próximamente. Las llaves pueden asegurarse además contra el paramento opuesto de la pared por el intermedio de pernos *pn (fig. 776)*, que lleven un ojo en un extremo para que por él pase la llave *vv* y una rosca en el otro para atirantarla contra las placas dispuestas en *p* las cuales se ciñen ó embeben en el grueso de la pared ó pueden servir de adorno dándoles la forma de rosetón. Con este objeto se hace que la tuerca sea de figura regular para formar su centro sin afearlo.

Cuando la viga se forma de otras dos gemelas, la barra de unión con la llave se dispone de modo que pueda abarcar ambas vigas dándole para ello la forma angular *aba (fig. 779)* y sujetando sus extremos por medio de un perno de cuatro cabezas *P* ó de una especie de roldana *ar (fig. 780)*, sirviendo ambas de codales para mantener las vigas en su posición. En ambos casos, el hierro angular tiene un ojo en su vértice *b* por el que entra la barra vertical ó llave.

La placa de fundición ó palastro fuerte donde asientan las vigas puede aprovecharse para enlazarlas con la fábrica de la pared. Empleando para codal un trozo de vigueta I como el *cc (fig. 781)*, se perfora por su medio así como la placa *aa* para atravesarlas por la barra vertical *vv* que hace de llave, pudiendo reforzarse este empotramiento por medio de las barras *pn* de la *fig. 776* y de las placas *p*. Cuando el codal es un perno de cuatro cabezas, se perfora éste por su centro dándole el ensanche que se indica en la *fig. 782* para que el paso de la llave no lo debilite.

944. El empotramiento de las vigas en las paredes se combina con el encadenado ó trabazón de éstas entre sí (915). Las barras horizontalmente colocadas en el centro de la pared ó sean las cadenas, son atravesadas por las barras verticales ó llaves que se emplean en el empotrado de las vigas.

945. ASIENTO DE LAS VIGAS Ó JÁCENAS SOBRE COLUMNAS Ó POSTES.—En la construcción de pisos para fábricas ó establecimientos industriales que han de sufrir esfuerzos de consideración en puntos determinados, hay que proporcionarse puntos de apoyo muy próximos, tanto para hacer el suelo más resistente como para que en ellos puedan descansar los árboles de transmisión. Se disponen, pues, las columnas de modo que de un punto de apoyo á otro no haya más que 4 metros ó á lo sumo 4,50. Se emplean generalmente para vigas los hierros laminados de 26 y de 30 centímetros de altura de alas anchas, cuyo peso es de 45 y de 65 kilogramos respectivamente por metro lineal, pero si el cálculo pide dimensiones que den un peso de 51 á 85 kilogramos debe verse si será más ventajoso el empleo de vigas de palastro con cantoneras.

El ábaco ó tablero con que terminan superiormente los capiteles de las columnas de hierro tiene el vuelo ó salida que exije el asiento de las vigas, cuyo vuelo está apeado ó reforzado por nervios á modo de ménsulas, como se ve indicado con la letra *M* en las *figs. 406* y *407*. Las placas deben estar perfectamente planas para que asienten bien las vigas sobre ellas, presentando ó no rebordes ó resaltos, como los que se han indicado para el asiento de las vigas en los muros *(figuras 777* y *778)*.

946. Las vigas de madera descansan sobre las columnas interponiendo una placa que, como la *aa (figs. 783)*, les sirva de asiento. La placa lleva un resalto en la cara inferior para entrar en el hueco de la columna, uniéndola de este modo con ésta y otros varios, ó uno corrido por los bordes para que entre ellos se mantenga la viga ó vigas *V*, las cuales se aseguran además por medio de pernos *pn*.

Cuando la viga se compone de otras dos, se procura á la placa más estabilidad, disponiéndola sobre cartelas que pueden formar parte de la misma, como las representadas por *M,M'* en la *fig. 784*, en cuyo ejemplo tienen una parte tubular que encaja en la prolongación *D* de la columna, descansando sobre su capitel *C*. En este contacto, una pieza debe estar torneada y la otra alisada para que el asiento sea en toda la superficie, asegurándose el ensamble por medio de dos chavetas longitudinales que se meten por la parte superior. En la placa de asiento hay resaltos *R,R'* interpuestos entre las vigas para oponerse á todo desplazamiento transversal de éstas, las cuales se aseguran, además, por medio de pernos *P,P*.

Se disponen también para recibir las vigas unas cajas de fundición *dbbd (fig. 785)* que descansan sobre el tablero *bb* del capitel reforzado por cartelas *M* y se retienen sobre la columna por medio de un resalto *R* que entra en ella. Las vigas *V, V* se sujetan, después de introducidas en su cavidad correspondiente, con pernos *pn* que no solamente

atraviesan la caja, sino también la placa *bb* de las cartelas y la *aa* de la basa de las columnas superiores.

La caja que ha de recibir las vigas se hace también abierta por arriba formando una canal rectangular *(fig. 786)* que se cierra después con la placa *aa* para asentar encima la columna superior. El ensamble de unos hierros con otros se asegura con otros pernos dispuestos horizontalmente por los taladros *N*, *N'*.

947. Si las vigas son de hierro, se colocan fácilmente sobre el capitel de las columnas, cuyo ábaco tiene generalmente unos rebordes *r*, *r'r'* *(figura 787)* entre los que se aloja la viga. Si el reborde no viene de la fundición, se practica con la lima una pequeña canal, como se indica en la *figura 788*. Los rebordes están en otras columnas más separados de lo necesario, como se ve en la *fig. 789*, y entonces se emplean para mantener inmóviles las vigas *V* unos tacos ó zoquetes *C* y *T* á los que se da la forma de cuña para que sujeten fuertemente la viga una vez apretados á fuerza de mazo. Este medio es, sin embargo, poco eficaz porque las cuñas se aflojan al secarse la madera, y solo deben emplearse cuando se tenga seguridad de que las vigas no han de tener movimiento una vez terminada su colocación, sirviendo las cuñas solamente para mantenerlas en su posición mientras se ejecuta la obra superior.

Cuando por su aislamiento de otros edificios ó por otras causas pueda temerse algún movimiento en las columnas ó en las vigas, se aseguran los brazos de éstas en los capiteles por medio de pernetes *P*, *P'* *(fig. 790)* que representa la sección y alzado de dos vigas gemelas apoyadas en una columna. Estas vigas se enlazan dos á dos en su prolongación por medio de bandas *bb*, *b'* atornilladas en los nervios de las mismas.

948. MEDIOS DE APOYAR LAS JÁCENAS SOBRE COLUMNAS QUE RECIBEN OTRAS ENCIMA.—Las vigas de hierro fundido *(fig. 611)* están retenidas contra la columna ó poste *bb'* por unos rebordes que éste tiene y por los aros ó bridas *ed*, *ed* que engatillan los extremos de las vigas sujetándolas.

La *fig. 791* indica la manera de unir las vigas *V*, *V'* de palastro con la columna *C* de hierro fundido. Descansan aquéllas sobre cartelas *M* sujetas con pernetes á las columnas y apoyadas en un reborde *R* ó moldura de éstas. Las vigas se sujetan además por medio de escuadras que se abren lo necesario para amoldarse á la curvatura de la columna, cuyas escuadras se roblonan por uno de sus brazos en las vigas y se fijan en la columna con pernetes *T* ó con pernos *N*.

Cuando las columnas abarcan más de un piso, las vigas del intermedio se apoyan en anillos moldurados ó ménsulas como la *S* de la *fig. 407*, sujetándose á la columna *(fig. 792)* por medio de semicollares *anc*, *a'n'c'*, que se pliegan por ambos lados á su forma cilíndrica, y sujetan las vigas *V*, *V*, con los pernetes *P*, *P'*. Se dan también á las columnas los resaltos convenientes *rs* *(fig. 793)* de manera que presenten un plano *st*, *s't'* que sirva de junta para sujetar la viga mediante los pernetes *pn*, *p'n'*.

949. Cuando las vigas son gemelas, las columnas se prolongan fácilmente presentándose cuadradas en el paso de aquéllas *(fig. 794)*, con objeto de facilitar y asegurar mejor el montaje. Esta parte *O*, debe tener cuando menos un centímetro más de altura que las vigas, á fin de que la columna *C* del piso superior encaje bien en este fuste y de ninguna manera se apoye en las vigas *V*, *V*, pues de ello podrían resultar movimientos con las vibraciones que las cargas accidentales producen en los suelos, y por lo tanto en las vigas. Éstas descansan sobre una placa con rebordes que las fija en su posición contra la columna inferior y tiene una abertura en su centro para que encaje en ella el fuste superior de dicha columna y caiga á plomo sobre la misma.

Se verifica también el asiento de una columna sobre otra por el intermedio de una pieza suplementaria de sección cuadrada *S* *(fig. 795)*, cuyas bases inferior y superior son dos placas colocadas con los rebordes invertidos, entre los cuales se acomodan las vigas. Las placas se sujetan en el ábaco del capitel de la columna inferior *A* y en la basa de la superior *B* por medio de los pernetes *P*, quedando así asegurada la posición de una columna sobre otra y en libertad las vigas para sus movimientos. El empalme de las vigas se verifica en este punto por medio de dobles cubrejuntas.

950. Para que las vigas puedan apoyar en postes de hierro laminado, es preciso que éstos presenten en su parte superior una placa horizontal que, como la *aa*, *a'a'* *(fig. 421)*, pueda recibir á aquéllas, y la cual se fija en el poste por medio de escuadras *E*, *E'* roblonadas en ambas piezas. Sobre

la viga, una vez colocada, puede asentar el poste superior mediante otra placa *bb, b'b'* fijada al mismo también por escuadras sujetando la unión de los postes con la viga por medio de pernos *pn, p'n'* que atraviesan las dos placas apretándolas contra la viga é impidiendo que, tanto el poste inferior *P,P'* como el superior *S,S'*, se desvíen de su posición.

951. Hay ocasiones en que las vigas atraviesan las columnas por su capitel *(fig. 796)* haciéndole el corte oportuno para que aquéllas puedan apoyar sus cabezas en el collarino de la columna donde ésta tiene más grueso. Las dos vigas se enlazan por medio de una placa *aa, a'a', a''a''*, que se fija á ellas con pernetes *N, N', N''* y al ábaco del capitel con los *R, R', R''*. La placa tiene una abertura en su centro *O* y las vigas están cortadas oblícuamente como se ve en la figura, para que pueda introducirse la mano con objeto de colocar los pernetes *R*.

Mejor que atravesar la columna afeando su capitel, es colocar sobre él una pieza suplementaria *S, S' (fig. 797)* que tenga dos placas cuadradas para sujetarla en el capitel de la columna inferior y en la basa de la superior por medio de pernetes *P, P'*. De este modo, las vigas pueden enlazarse fácilmente por medio de cubrejuntas *ac, a'c'* y tener libres sus movimientos.

952. ARRIOSTRADO DE LAS UNIONES DE LOS CAPITELES Y DE LAS JÁCENAS. —En los casos anteriores se ha visto que las vigas que están en prolongación unas de otras se enlazan entre sí, y se fijan ó aseguran en las cabezas de los postes ó columnas, lo que no solamente produce las ventajas del empotramiento, sino que da estabilidad á los apoyos y puede servir para el encadenamiento de las paredes donde terminan dichas vigas.

Las columnas ó postes, especialmente cuando las vigas reciben la recaida de bóvedas, pueden sin embargo inclinarse y es por lo tanto muy importante evitarlo uniendo transversalmente los empalmes de unas vigas con los de enfrente ó las cabezas de los postes ó columnas, para que estos apoyos no tengan movimiento, pues su desplome haría que la carga no obrase en el sentido vertical de su eje, perdiendo estabilidad además de hacer trabajar al hierro de un modo oblícuo. Este enlace se obtiene estableciendo tirantes de hierro *ap (fig. 798)* de unos 30 $^{m}/_{m}$ de grueso con tuercas en sus dos extremidades para fijarlos en las jácenas *V* y los cuales se sostienen en su medio por péndolas *ps* suspendidas de la bóveda. También se emplean para este arriostrado viguetas *cb* como las de suelo, las cuales se ensamblan por sus extremos en los costados de las jácenas por medio de escuadras *ec*, roblonadas á las viguetas-riostras y aseguradas con pernetes en las vigas *G*.

953. RELLENO DE LAS VIGAS MAESTRAS. — Empleando dobles vigas para jácenas, además de enlazarse por pernos ú otros medios de los indicados en las *figs. 387 á 390*, se rellena el espacio comprendido entre ellas con fábrica de la misma clase de la destinada á la formación de los suelos de que más adelante se hablará.

En sótanos y pisos bajos destinados á almacenes donde las vigas son generalmente pareadas y apoyan en pilares, se hace algunas veces en el relleno un arco *acb (fig. 799)* ó se da esta forma á la fábrica aunque sea de mampostería.

954. ENSAMBLE DE VIGAS ENTRE SÍ.— Cuando una viga se apoya en los costados de otra, la ensambladura entre ambas se ejecuta por medio de escuadras.

Si las vigas que se encuentran son de palastro de la misma altura y enrasan por abajo y por arriba como lo verifican las *A, A (fig. 800)* con la representada en sección *ad*, las escuadras de unión *ec* han de abrazar también los brazos verticales *ts, ts* de las cantoneras que forman las cabezas de las vigas, pues que las planchas de su alma ó nervio vertical, no tienen la suficiente resistencia. El hueco de la parte *tt* que resulta entre estas cantoneras, se iguala además con una plancha suplementaria que refuerza la parte del alma *rn* cuya plancha debe tener para ello el mismo grueso que las cantoneras *st*. Igual refuerzo se da á la viga *ad* en la que también las escuadras dichas de unión *ec*, abrazan las cantoneras superior é inferior de sus cabezas.

Cuando el ensamble de una viga se ha de verificar en otra de celosía ó enrejado, se refuerzan las de esta clase con una plancha como la *on* de la *figura 637*, más ancha que las que constituyen los montantes *M* para que pueda abarcar las dos escuadras que por uno y otro lado abrazan la viga que en ella se ensambla y que se fijan por medio de pernetes cuyos taladros están indicados en *R*. La extremidad de una viga de celosía que va á parar al costado de otra, como en el caso que nos ocupa, se refuerza con una plancha en su nervio

vertical que no solo coge los brazos de las escuadras de unión, sino también parte de la viga, fijándose en ella estas escuadras y las aspas ó hierros del enrejado.

955. DISPOSICIÓN Y ENSAMBLE DE LAS VIGUETAS EN LAS JÁCENAS.—Cuando las viguetas se colocan encima de las vigas maestras ó jácenas y el número de tramos es impar, como las viguetas pueden salvar dos de éstos, pues su longitud es de 8 á 9 metros, se disponen de manera que las medias viguetas de extremo caigan unas veces sobre una pared testera y otras sobre la opuesta, empalmándose por sus juntas al tope por medio de bandas, como la *bb* de la *fig. 790*, para que sirvan de enlace entre dichas paredes testeras. Cuando las viguetas no están en prolongación unas de otras, si no que se adosan, según se ve en la *figura 800*, se unen por medio de pernos *P*.

Las viguetas que, como las de la figura, descansan sobre las jácenas, se aseguran en las cabezas de éstas por medio de pernetes *N*, que fijan sus alas en las de la jácena *A*. Si en la composición de éstas entra la madera *(fig. 801)*, pueden emplearse escarpias *ec*, *e'c'* que sujetan por uno y otro lado la cabeza de la vigueta *S, S'* en la viga de madera *V, V'*.

Lo más general, sin embargo, es que las viguetas de suelo descansen simplemente sobre las vigas, bastando el acodalamiento y arriostrado para mantenerlas en su posición, á lo que contribuye, además, el relleno de la fábrica, que debe hacerse sobre las vigas maestras entre vigueta y vigueta, con lo que éstas quedan encajonadas sin poderse desviar de su verticalidad, lo cual es muy importante para su estabilidad. Cuando el relleno y el acodalado no existen ó son insuficientes para este objeto, hay que procurar que, tanto las vigas como las viguetas, no puedan ladearse ó torcerse.

Si las jácenas ó vigas maestras tienen por su composición roblones, las cabezas de éstos que caen en el sitio de las viguetas, son un estorbo para el buen asiento de éstas, cuyo inconveniente remueven los operarios poco escrupulosos haciéndolas saltar, aunque con ello se disminuya la resistencia de las vigas; por lo que, para evitar este abuso, debe procurarse al armar las vigas maestras que no haya roblones en el sitio de apoyo de las viguetas, sino que éstas queden entre los roblones.

Cuando entre las viguetas se voltean bovedillas y éstas han de quedar al descubierto, resultan entre las cabezas de las jácenas y las bovedillas unos segmentos circulares de mal efecto, por lo que se tapan con una pequeña plancha de palastro fijada en la viga por medio de roblones ó con un tabique de panderete.

956. Las viguetas de suelo que han de apoyarse en los costados de las jácenas, se ensamblan con éstas por medio de escuadras *es (fig. 802)* que pueden roblonarse en el alma *aa* de la viga para recibir las viguetas *V, V*, las que se sujetan por medio de pernetes *P*.

Si el ensamble ha de verificarse por la parte inferior de la jácena *(fig. 803)*, las viguetas *V, V* descansan sobre las alas inferiores de aquélla, y para que las escuadras *ec* puedan fijarse en el nervio vertical de la viga, es necesario interponer planchas que den el grueso de las cantoneras que forman las cabezas de la jácena.

En el caso de que las viguetas ensamblen en la parte superior de la viga *(fig. 804)*, puede apoyárselas en escuadras *ecs*, cuyos brazos verticales suplen las planchuelas del caso anterior, pero no si se disponen como se indica de puntos *oes*.

En los tres ejemplos que presentan las figuras, las vigas ó jácenas tienen 8 metros de luz y las viguetas de 4 á 4,50 y pueden salir del taller con las escuadras roblonadas á las viguetas, empleándose en cada ensambladura dos roblones y un pernete cuando las viguetas no pasan de 18 centímetros de altura y tres roblones y dos pernetes cuando la tienen mayor.

El ensamble de las viguetas en la parte inferior de las vigas maestras, tiene el inconveniente de exigir mucho espesor en el relleno del piso cuando éste es macizo y se adopta en combinación con vigas de alas anchas para que no tengan mucha altura cuando la viguería ha de estar enrasada por la parte inferior para hacer un cielo raso. El ensamblaje en la parte alta de la viga tiene la ventaja de que el relleno es de menos grueso que en el caso anterior, pero exige en cambio que las vigas maestras queden al descubierto, lo cual no es inconveniente en ciertos casos, sino más bien ventaja, especialmente si se desea formar un techo artesonado. Los durmientes del solado cuando éste es de tabla, enrasan ó no con la cabeza superior de las vigas maestras y se sientan sobre las viguetas, dándoles generalmente una escopleadura para que enrasen en la cabeza de éstas y queden sujetas de este modo sirviendo á la vez de codales.

957. Se ha ideado dar á las viguetas de suelo una curvatura de $^1/_6$ que les proporciona una gran resistencia y permite disminuir el grueso del piso. En la *fig. 805* representamos la sección de este suelo formado por viguetas cimbradas *ac* de 3 á 4 metros de luz y 6 centímetros de flecha, las cuales estriban en vigas gemelas sección I de alas anchas por medio de escuadras *cs* y están enlazadas á trechos por pernos de cuatro cabezas *N* que sirven de refuerzo y trabazón á la bóveda de ladrillo que salva la distancia de unas vigas á otras, la cual se hace de ladrillo y comprende en su espesor la altura total de las viguetas ó parte de ellas para presentar resaltadas por abajo sus cabezas.

ARTÍCULO V

Pavimentos ó revestido superior de suelos con materiales pétreos ó térreos.

958. DENOMINACIÓN Y CONDICIONES GENERALES.—Se llama *solado, solería ó pavimento,* al vestido ó plano superior del suelo. Debe ser horizontal ó ligeramente inclinado, de un material suficientemente duro para recibir el desgaste y de superficie lisa, pero no resbaladiza.

Según son los materiales que forman el solado, se denomina *adoquinado, empedrado, afirmado, enlosado, mosaico, embaldosado* (cuyas clases son muy varias), *de mezcla, de hormigón, asfaltado, entarugado, entablado* y *de hierro.*

Todos ellos necesitan descansar sobre una superficie ó cama plana y firme que debe apisonarse si es de tierra, y dejarla horizontal ó inclinada según haya de estar el solado, con objeto de que las presiones que sobre ellos han de actuar encuentren igualdad de resistencia para que no haya desnivelamientos que son la causa principal de su desarreglo, especialmente en los destinados al paso de carruajes.

959. ADOQUINADO.—Es un suelo compuesto de piedras regularizadas simplemente al martillo ó al pico para que su superficie sea áspera y no puedan resbalar en ella las caballerías. Los adoquines tienen de 10 á 20 centímetros de lado en la cara que ha de quedar visible llamada *cabeza* y unos 30 de profundidad ó *cola.* La base sobre que descansan es generalmente un poco más pequeña que su cabeza.

Se disponen en filas normales á la dirección del tránsito y se encierran dentro de otras filas llamadas *cintas,* formadas de adoquines de las mismas dimensiones ó mayores. En sitios donde se necesita hacer vertientes para las aguas, como por ejemplo en un patio, se forman las intersecciones con *cintas ó maestras ng, ae (fig. 806)* llenando los espacios comprendidos por ellas y las del perímetro *abdg* con filas normales á la línea de máxima pendiente.

960. La salida de las aguas que en el caso de la figura suponemos que es por el centro del patio, se verifica por un agujero verticalmente practicado en la piedra central que puede servir de losa de tapa al caño de desagüe *cs.* En este punto, conviene que haya una cavidad, como se ve en *c,* á fin de que las materias pesadas que arrastran las aguas pluviales se depositen en ella y sea fácil extraerlas levantando la losa, no dando lugar á que se obstruya la cañería que es de más difícil limpieza por su estrechez.

Si el caño va á desaguar en el alcantarillado de la población ó en un pozo negro, hay que impedir la salida de los malos olores por el agujero de la losa. Para ello se emplea generalmente el inodoro de hierro colado, cuya planta y sección vertical representa la *fig. 807,* el cual se compone de dos partes: una caja fija *sd, s'd'* de forma cilíndrica (aunque aparece cuadrada por arriba) con un tubo *D* en el centro para desagüe, resultando una canal circular en la que entra el borde inferior de una semiesfera *ar* de que está provista la tapa, la cual es circular y está calada para dar paso al agua del patio. Esta agua sigue la dirección que señalan las flechas, quedando estancada una parte, como indica la figura, de modo que los gases mefíticos que suban por el tubo *D* no pueden atravesar la capa líquida. Esta, sin embargo, es apenas de algunos milímetros, contribuyendo á aminorarla las materias sólidas que se depositan en la canal circular, y es necesario procurar que ésta esté siempre llena de agua. La rejilla debe tener su parte agujereada ó calada de la misma ó mayor sección ó paso de agua que el tubo *D* de salida.

El desagüe puede hacerse de fábrica en forma de sifón invertido, según demuestra en sección vertical la *fig. 808,* y de un modo análogo es fácil dar salida á las aguas cuando éstas acuden al borde de un andén ó acera levantada, según aparece en la *figura 809.*

961. Para sentar los adoquines, se extiende so-

bre la superficie que se quiere solar un lecho de arena ó de mortero, llamado *cama* ó *forma*, de 8 á 14 centímetros de espesor, siendo preferible la arena por su elasticidad en sitios que han de ser muy transitados.

Los adoquines se colocan por filas á juntas encontradas como en los paramentos de los muros, debiendo dejar entre unos y otros un espacio de 1 á 3 centímetros, que se rellena con arena ó mortero para que no se toquen, porque en este caso el menor choque les haría romperse. Se les arregla la cama, al colocarlos, con el pico del *martillo (figura 810)* y se les golpea con el otro lado, que sirve además para quitarles las desigualdades.

Si se asientan sobre arena deben cubrirse con una ligera capa de la misma y apisonarse una vez concluido el adoquinado hasta que la superficie descienda de 3 á 4 centímetros.

El empleo del mortero suele ser para evitar filtraciones, y en este caso se les hace un buen lecho de hormigón común ó hidráulico. Éste no debe extenderse sino en el momento de colocar la piedra para que no pierda por la desecación una parte de sus cualidades. El oficial empedrador hace en la mezcla cama al adoquín y guarnece sus juntas con ayuda de la paleta de albañil, sirviéndose del martillo para arreglar cada piedra y colocarla en su sitio. No deben apisonarse los adoquines colocados por este método, porque si el mortero estuviese líquido saltaría, y si estuviera ya seco se quebraría. No es conveniente ni aun andar sobre ellos hasta que la mezcla haya formado cuerpo con las piedras.

962. EMPEDRADOS.—Se forman con piedras irregulares, que generalmente son morrillo ó cantos rodados, cuyo extremo más puntiagudo se afirma sobre la forma de arena, del mismo modo que los adoquines.

Su colocación se hace con maestras ó cintas formadas con morrillo, que fijan la forma del empedrado y por las cuales se guía el empedrador. Estas maestras se hacen algunas veces de adoquines.

Concluido un trozo de empedrado, hay que apisonarlo fuertemente para que no lo hundan las ruedas de los carruajes, extendiendo antes una capa de arena y algunas veces de lechada de cal.

963. Con guijo, ó sean cantos rodados de pequeñas dimensiones y de forma de un huevo achatado, se hacen vistosos empedrados formando estrellas ú otros dibujos; para lo que se colocan primero las piedras que rodean el contorno de las figuras y se rellenan luego los espacios en filas en la dirección que mejor cumpla al objeto. Toda las piedras se colocan de canto, y terminada la colocación se extiende una capa de arena ó una lechada de cal para que asegure unas piedras á otra y se le apisona haciéndole formar una superfici regular. Su empleo no puede ser en sitios que han de ser muy trabajados por carruajes de peso.

964. En Portugal y poblaciones fronterizas se hacen estos empedrados con una regularidad admirable. Emplean para ello piedras angulosas de pequeñas dimensiones procedentes de cantera. La sientan sobre una capa de arena, presentando en la superficie la cara más lisa y ajustando de tal modo las aristas de unas y otras, que más parecen un mosaico que un empedrado. Merecen citarse como modelo el empedrado de la plaza del Rocío *(fig. 811)* y el de las cunetas del Paseo Público y otros punto de Lisboa, formado con piedra caliza blanca y negra ofreciendo un caprichoso dibujo y donde están admirablemente combinadas las piedras, especialmente en los rótulos que indican el año de su construcción. Su piso es bastante cómodo, tanto par personas como para caballerías.

965. AFIRMADOS. — Como en los caminos se hacen también firmes donde el suelo ha d aguantar el paso de carruajes y caballerías.

Su forma debe tener un peralte en el centro llamado *bombeo* ó *bombado*, con objeto de que escurra las aguas á los lados.

Estos firmes se componen de dos ó tres capas d piedra que se parten á golpe de la *almaina* ó *marro* ó *del martillo*. La *almaina* ó *marro* es un út de hierro, de cabezas redondas y aceradas, de pes de 1 á 2 kilogramos y de 10 á 15 centímetros d largo, con un ojo en el cual se coloca un mango d unos 80 de longitud. El marreador debe estar d pie, pero medio inclinado y da con una de las cabezas de la marra sobre la piedra amontonada extendida á sus pies. El *martillo* es como el marro pero más pequeño, siendo su peso de medio kilogramo, su longitud de unos 12 centímetros y est provisto de un mango de 40 de largo. El machacador trabaja sentado y rompe la piedra sobre otr grande cóncava en medio, para que la piedra golpeada se apoye por sus extremos y no por su medio

El machaqueo con almaina sirve para la capa inferior, cuya piedra se deja con 5 á 7 centímetro de arista y el efectuado con el martillo se extiend encima formando la segunda capa. Sobre esta pie

dra de menor dimensión (3 á 4 centímetros de arista) se extiende otra capa de arena migosa ó mejor de detritus del machaqueo, llamada *recebo*, cuyo objeto es el de suavizar el piso mientras se consolida la piedra y el de llenar los huecos que ésta deja. En rigor, no debía extenderse arena migosa porque proporciona lodo en el invierno y polvo en el verano, pero si no se extiende, es muy difícil y tardío el que la piedra partida se asiente bien en países cálidos, á no estar regando el firme continuamente é igualando las rodadas que las ruedas causan.

966. ENLOSADOS.—Estos se hacen con losas sentadas de plano. Se da á las losas la forma rectangular ó la cuadrada y rara vez la de otra figura porque aún la cuadrada de una misma dimensión es difícil proporcionarla á no ser con un gran costo ó en explotaciones de canteras de gran consideración en que puedan separarse las que resultan proporcionadas á la figura. La disposición de las losas es por filas de un mismo ancho en cada una y paralelas á uno de los lados del perímetro y también en sentido de la diagonal cuando son cuadradas las losas; en cuyo caso se dice que están *á cartabón*. Las juntas de unas con otras llamadas *llagas*, pueden estar de manera que no se encuentren, cuyo aparejo se llama *de sepultura*, ó alineadas reuniendo las cuatro esquinas de las losas que es el aparejo ordinario. El primer medio es más ventajoso que el segundo, aunque de peor aspecto, porque con él solo se reunen dos esquinas que son los puntos débiles de la piedra y más expuestas á romperse, estando en cierto modo amparadas por la arista de la losa inmediata, mientras que en el otro son cuatro los puntos débiles que se reunen.

967. Igualado y apisonado perfectamente el suelo ó sea la cama del solado, según la forma que haya de tener éste, se empieza por sentar una losa que debe ser la de una punta ó extremo, calzándola para que ajuste su cara superior con el nivel del piso y junto á ésta se colocan del mismo modo todas las de la fila, cuidando de que sus llagas sean lo más finas posibles y que sus bordes estén bien alineados, á fin de que no formen garrotes unas con otras, para lo que se vale el albañil de reglas y cordeles, cortando en el acto la parte de piedra que sobresalga de la línea exigida.

Al tiempo que se van sentando las losas, se rellenan bien las juntas con lechada como en la fábrica de sillería de muros; y pasados algunos días, durante los cuales haya fraguado el mortero, se raspan las juntas y se toman con buen mortero y mejor si es hidráulico.

968. En solados de piedras ó mármoles de varios colores, es necesario no solo que casen bien unos con otros, sino que sean todos con corta diferencia de igual dureza para que no se desgasten unos antes que otros ni se originen desigualdades en el piso. El tamaño de las losas ha de ser también proporcionado á las dimensiones del local, pues es de muy mal efecto un solado de grandes losas en pequeñas habitaciones y al contrario, diminutas piezas en grandes espacios. La proyección horizontal de los nervios en las bóvedas de crucería, formada con mármoles de diferentes colores, produce un gran efecto en la catedral de La Seo en Zaragoza.

969. MOSAICOS Ó PAVIMENTOS TESELATOS.—Es una obra construida de pequeñas piedras cúbicas de mármol, pórfido, jaspe, etc. y de varios colores llamadas *teselas*, con las que se representan dibujos geométricos, arabescos, florones, etc., con sujeción á una pintura determinada. Las teselas tienen generalmente de 6 á 12 $^{m}/_{m}$ de lado si han de ser empleadas en labrar un solado, y más pequeñas las que entran en la composición de figuras. Se emplean también piedras en forma de poliedros, regulares ó irregulares, pero perfectamente labrados para que ajusten bien unos con otros.

Para su construcción se empieza por trazar encima de la pintura una cuadrícula más ó menos tupida, según se quieran detallar más ó menos los colores. Se cortan luego cubitos de piedra de los diversos colores que pida la pintura, dándoles la medida de la cuadrícula y se colocan unos junto á otros sobre una superficie plana y horizontal, buscando que el color de cada tesela sea igual al correspondiente de la pintura en la cuadrícula. Cuando se tiene preparado de esta manera un trozo de mosaico, se ata perfectamente con una cuerda alrededor y se extiende encima una lechada clara de cemento ó mastic de marmolistas, para que se introduzca entre los intersticios ó juntas de las piedras y las cubra formando una capa de cemento ó mastic que sirva de cama al mosaico, pues el trozo dicho se ha de invertir para colocarlo en su sitio, presentando como cara la que estaba en contacto con la superficie horizontal en que se formó el trozo.

Cuando éste se ha secado, se frota, pulimenta y suaviza como se ha dicho para los mármoles (67),

teniendo mucho cuidado de pasar el taco ó muñeca por igual, para no hundir los cubitos de piedra. Al cabo de algún tiempo conviene calentar un poco el mosaico para quitarle toda humedad y frotarlo de nuevo con otra muñeca de lana dulce ó de algodón humedecido en aceite de linaza.

970. Se hace una clase de mosaico más sencillo que el anterior, que se denomina *sembrado* y consiste en pequeñas piedras duras, machacadas ó partidas y de diferentes colores, que se echan en una capa de mortero extendida de antemano ó se colocan á mano; se apisona luego ligeramente para obtener una superficie á nivel y obligar á los trocitos de piedra á presentar una cara horizontal. Después, cuando tiene algún cuerpo, se vierte mortero para llenar los huecos que hayan resultado y cuando todo está bien seco, se pule la superficie con un bruñidor plano y pesado, ayudando su acción con polvo de arena desleido en agua. Por lo general se realza este mosaico por una faja que lo circunda y aún por dibujos compuestos de cubitos de piedra colocados con la mano.

971. Otra clase de mosaico se construye con trocitos de piedra de 3 á 5 $^{m}/_{m}$ de lado, que se clasifican por colores y tamaño pasándolos por unas crivas para formar bandas ú otra figura. Se tiende una capa de hormigón de cemento y con un embudo se van dejando caer las piedrecitas de un mismo color que han de formar el dibujo, haciendo esta operación cuando el cemento empieza á fraguar ó endurecer. Se echan después las de otro color hasta que se termina con el último y luego se golpea con un pisón de maza cónica y herrada, para unir todas las piedrecitas y llevarlas á un nivel común, resultando un pavimento muy agradable y de bastante dureza.

972. Para formar el mosaico llamado *veneciano*, se fabrican teselas de esmalte coloradas que por una cara están revestidas de una delgada lámina de oro batido, cubierta con una película de vidrio y por la opuesta se adhieren á una capa de cemento compuesto de cal, puzolana y ladrillo molido amasado con una pequeña parte de agua.

Además hay mosaicos de piedra artificial que se presentan en losas dispuestas para su empleo como las de piedra natural.

973. ENLADRILLADOS.—Los ladrillos son muy empleados para cubrir suelos y se escogen para ello los más duros y bien cocidos, compactos y de grano no muy grueso.

Se pueden colocar de canto como un sardinel que se llama á *espina de pescado*, donde el grueso del ladrillo forma la superficie del solado. La disposición mejor es la de la *fig. 812*. Pueden sentarse sobre una cama de arena colocándolos á mano unos al lado de otros y extendiendo sobre ellos arena fina para que las juntas se rellenen con ayuda de las aguas, choques y otras mil circunstancias que obligan á la arena á llenar todos los huecos. Cuando el asiento se hace sobre mezcla, se extiende con la paleta sobre el piso una capa de mortero de unos 12 $^{c}/_{m}$ de espesor y se colocan los ladrillos sobre ella mojándolos antes en agua de cal ó lechada. Después de colocado cada ladrillo se le afirma golpeándole con el revés de la paleta. En los Estados Unidos de América se emplea en el solado de las calles el ladrillo vitrificado, sentado de canto y á escuadra con el eje de la calle. Se apisona después de colocado con un pisón de 25 kilogramos de peso y se cubre luego con arena fina y limpia que se barre después, dejando la que se ha introducido entre las juntas. Se apisona segunda vez y se comprime con un rodillo de peso de 5.000 kilogramos, cuyo ancho no pasa de $1^{m}50$, lo cual verificado se extiende sobre el enladrillado una capa de arena fina de 2 á 3 $^{c}/_{m}$ de espesor.

974. La colocación de plano de los ladrillos ó rasillas, se dispone á juntas encontradas como en un tabique ó mejor como indica la *fig. 813*. Para su asiento se adoptan las mismas precauciones que para los embaldosados de que vamos á tratar.

975. EMBALDOSADOS.—Se han visto (95) las distintas formas que pueden darse á las baldosas, variando por consiguiente su combinación. Cuando son cuadradas (mazarís) pueden disponerse á juntas encontradas y en filas *gh (fig. 814)* ó como tablero de damas *hac*, aprovechando los varios matices para hacer combinaciones. Se colocan en general diagonalmente al perímetro del suelo, es decir, *á cartabón en cuadrado (fig. 815)* disponiendo casi siempre todo alrededor de la habitación, unas fajas ó cintas *ace* de un ancho igual cuando aquélla es regular y de anchura desigual *bde* cuando no, cuya diferencia se hace menos sensible con los muebles que se arriman á las paredes. En locales espaciosos se establecen por lo general divisiones para formar cuadrados ó rectángulos con las cintas dichas, las cuales han de ser de un ancho uniforme.

Con baldosas que tengan diferentes figuras y

colores, pueden hacerse combinaciones sumamente variadas según el gusto del constructor. Sin embargo, las combinaciones geométricas son solamente siete, pues el problema se reduce á formar cuatro ángulos rectos, es decir 360° con ángulos de polígonos y solo los regulares ó semiregulares se prestan á la resolución. Las combinaciones son: 1.°, seis triángulos equiláteros; 2.°, cuatro cuadrados; 3.°, tres exágonos regulares; 4.°, dos triángulos y dos exágonos, que si los triángulos no son de distinto color resulta la anterior; 5.°, cuatro triángulos y un exágono, que si no son como anteriormente componen la misma forma; 6.°, tres triángulos y dos cuadrados, y 7.°, dos octógonos y un cuadrado; de modo que las baldosas no pueden tener más formas que el triángulo equilátero, el cuadrado, el exágono y el octógono, por más que haya el rombo, pero éste no es más que la unión de dos triángulos equiláteros ó el resultado de dividir el exágono en tres partes, tomando sus triángulos de dos en dos.

En estas combinaciones deben proscribirse las que den aparentes elevaciones ó depresiones del terreno, escalones ó ángulos, porque no tienen razón alguna de ser por su falsedad intrínseca, pues el piso que es una superficie plana, debe conservar este carácter para no desconcertar y perturbar la vista y hacer inseguro el paso.

La *fig. 816* indica una combinación muy usada, compuesta de baldosas cuadradas enteras y de otras cortadas en diagonal que se llaman *picos ó cartabones*. En la *fig. 817* entran baldosas fabricadas según exágonos, octógonos y cuadrados. Estas combinaciones se sujetan muchas veces á la necesidad de economizar material de cierto color, ya por su carestía ya por su calidad inferior á las demás que entran á componer el pavimento.

976. Antes de construir un embaldosado, se establece una cama de alcatifa ó sea escombro fino, polvo ó tierra tamizada, cuyo espesor varía de 3 á 8 c/m para conseguir un plano ó enrase horizontal. Para sentar sobre esta cama las baldosas, se coloca en el suelo y á lo largo de una pared un cordel tirante ó mejor un reglón *db (fig. 814)* de modo que su canto determine una de las aristas de las filas de baldosas, para lo que se colocan dos *c* y *a* en los extremos de la fila que se intenta hacer. La cara del reglón debe estar perfectamente enrasada con la superficie que ha de tener el solado y de este modo puede sentarse la baldosa así encajonada á baño de mortero el cual debe rebosar por todos lados comprimiendo la baldosa con la mano hasta que coincida exactamente con la cara del reglón y con el canto de una regla que se apoya en él y en las baldosas ya colocadas ó en la línea que señale en las paredes el enrase del solado. Se continúa así sin llegar á las paredes porque para rematar en ellas, casi siempre hay que cortar baldosas por la irregularidad de las habitaciones y es más conveniente dejar esta operación para después, cortándolas entonces todas de seguido para sentarlas de una vez. Si el solado ha de tener una cinta alrededor de las paredes, se empieza por sentar las baldosas de ésta, de manera que su perímetro interior presente una figura exactamente regular (rectángulo ó cuadrado por lo general) cortando las baldosas á la medida y según se necesitan. El solado entonces de la parte central ó del perímetro interior se facilita con estas cintas que sirven de guías ó maestras para la colocación y enrase de las baldosas, pero en cambio exige gran esmero su ejecución para que ajusten las baldosas con la cinta.

Cuando ha fraguado el mortero y no se mueven ó no *bailan* las baldosas al sentir el peso de un hombre, se raspan las juntas y se toman con mortero fino de excelente calidad que se comprime y alisa con la paleta. Para esta operación, el albañil se coloca sobre los tablones tendidos en el suelo oblícuamente á las filas de las baldosas con objeto de evitar toda clase de conmoción en ellas. El solado no debe darse al uso hasta no estar bien seguro de que ha endurecido el mortero.

Conviene advertir que al hacerse un solado de habitaciones que hayan de estar esteradas ó alfombradas, deben disponerse contra las paredes unos listones enrasados al nivel del solado donde puedan fijarse los clavos de sujeción de dicho vestido y no estropear ó romper las baldosas cuando éstas son finas y sus juntas delgadas.

977. Antes de colocar los baldosines de barro fino, se ponen á remojo en agua para que se empapen bien. Una vez sentados, deben frotarse con un esparto para quitarles el mortero que rebosa de las juntas y limpiarlos del salitre que escupen, cuya operación debe repetirse durante varios días. Conseguida la limpieza, se extiende aserrín de pino y al día siguiente se frota con un esparto, teniendo presente que cuanto más se repita esta operación, más brillo se saca al baldosín. Finalmente, cuando el piso está seco, puede estregarse con salvado.

Si hay que cortar baldosines se les hace por la cara y con una sierra ó puntero, un surco de un milímetro de profundidad próximamente y colocando luego el baldosín sobre el filo de una cuchilla hincada en un tarugo de madera, se le dan ligeros golpes hasta que se parta por el surco.

Los azulejos se remojan y se sientan como los baldosines, casando los dibujos si los forman. Las juntas se dejan para ello lo más á hueso que se pueda y se limpian con un trapo así que se colocan, especialmente si se emplea mezcla de cal ó cemento, porque después de fraguada ésta, es difícil quitar las rebabas que puedan resultar. Para cortarlos hay que acudir á la sierra del carpintero.

978. Los baldosines hidráulicos exigen una cama firme de hormigón, enrasada unos 35 $^m/_m$ por bajo del nivel que debe tener el embaldosado. Los baldosines se ponen á remojo unos veinte minutos y se sientan después sobre una mezcla de cemento con mortero común, dejando las juntas de medio milímetro y cuidando que el mortero no rebose para que puedan rellenarse luego con una lechada de cemento, que se extenderá por medio de una escoba después de concluido el solado. Cuando esta lechada haya penetrado bien en las juntas y antes que tome consistencia, se frota fuertemente con serrín de pino ó chopo, no empleando el de roble ó encina porque el tanino que contienen mancharía los baldosines. Se limpian cuando el cemento ha fraguado extendiendo tierra molida ó serrín con abundante agua, por medio de una escoba de brazo, cuya operación se repite hasta que queden limpios y brillantes. Estos baldosines se cortan del mismo modo que se ha explicado para los de barro fino.

979. La colocación del llamado mosaico (105) se ajusta á los dibujos que con sus diversos colores han de presentar y para lo cual facilita la fábrica las combinaciones que pueden hacerse y entrega el número de piezas necesarias para ellas, cuando se le dan las medidas de las habitaciones. Su asiento requiere un tacto y práctica especiales para que ajusten bien y que no resulten irregularidades ó garrotes en el dibujo que son causa de que se levanten con facilidad. Para ello se colocan en seco entre reglas de hierro, obligándolas á tomar su posición á golpe de mazo y cuando de este modo presentan plana la superficie superior y correcto su dibujo, se extiende una lechada finísima de mortero para que pueda introducirse entre las juntas y complete el asiento del mosaico sobre el piso ó cama inferior, la cual ha de estar de antemano bien preparada con hormigón ó mezcla, para que presente una superficie perfectamente plana y resistente advirtiendo que esto solo se consigue sobre terreno firme, sobre bóvedas ó sobre pisos cuya solidez no permita vibraciones, pues con ellas se mueven las piezas del mosaico al poco tiempo de colocadas y se levantan fácilmente.

980. Las baldosas de vidrio que se emplean para dar luz á las habitaciones inferiores, se disponen sobre la cara plana de unos marcos hechos de barras de hierro que sean de gran rigidez para que no tengan movimiento, pues el vidrio se quiebra con facilidad cuando lo comprime la flexión de la armadura donde descansa. Los cristales se colocan á nivel por medio de cuñas de madera blanda, y las juntas, que deben tener de 3 á 4 milímetros, se toman con mastic ó cemento y mejor con asfalto, especialmente si el marco está formado de hierros ⊥, como en la *fig. 47*. Las baldosas cuadrilladas deben disponerse de manera que sus resaltos estén salientes sobre el marco.

981. PAVIMENTO DE MEZCLA DE CAL Ó YESO.—Las mezclas de arena y cal, sea ésta común ó hidráulica ó cemento, así como el yeso puro ó mezclado, se emplean para pavimentos. Ya en Roma, según Vitrubio, se hacían con una mezcla de cal y teja molida que se batía y bruñía con sumo cuidado, y en Grecia, según el mismo, se componía la mezcla de cal, arena y ceniza. Las mezclas donde entra el cemento dan muy buenos resultados y donde el yeso es de buena calidad se hacen muy resistentes y hasta con brillo.

Para todos ellos es preciso preparar la cama del solado dejándola enrasada á nivel ó con la inclinación que deba tener, pero un poco más baja para que la capa de mezcla que constituye el solado tenga un espesor uniforme y sea fácil tenderla. Este enrase se forma unas veces con alcatifa, tierra ó arena apisonada, y otras con hormigón más ó menos magro.

Dispuesta la cama y bien igualada, el mejor procedimiento para tender la mezcla del pavimento, es por fajas, colocando dos reglas que determinen su anchura y que con su grueso fijen el espesor del solado. La mezcla se vierte entre las reglas igualándola con la paleta, y cuando tiene bastante consistencia se quitan las reglas para volverlas á colocar paralelamente y formar otra faja del mismo

modo. Algunos albañiles sustituyen las reglas con cordeles tirantes que fijan el plano superior de enrase del pavimento.

Cuando se emplean mezclas de cal común se igualan con una regla que se pasa rozando por las tendidas en el suelo y se deja reposar el mortero para que tome cuerpo; cuando está bastante duro, se frota con una piedra lisa y redondeada hasta dejarlo bien terso y si es posible con brillo.

Á una mezcla de cal y teja puede darse gran consistencia y brillo añadiéndole yeso y otros ingredientes que presten el color que se desee. Las cales hidráulicas proporcionan también excelentes medios de solar combinándolas con polvos de mármol de color.

982. El solado de cemento debe hacerse mezclado con arena, porque puro se agrietea. Se le echa también piedra muy menuda de colores varios, formando una especie de hormigón: la arena áspera y de grano igual, es muy conveniente para este solado. Se riega bien el suelo para que éste no robe humedad á la mezcla, se extiende ésta é iguala con una regla, se apisona, y cuando empieza á fraguar se echa una delgada capa de mortero sólo, que se iguala con la llana recubriéndole después con arena. Cuando ha fraguado este hormigón, se frota con una estera y se barre después.

Para hacer un piso bueno de cemento sobre el suelo natural, se riega y apisona éste y se extiende una capa de hormigón común de unos 15 centímetros de espesor, sobre la cual se echa otra compuesta de gravilla con mortero hidráulico de 5 centímetros de grueso que se apisona con esmero. Sobre ésta se tiende una capa de 15 milímetros de la misma mezcla y ésta se cubre con 6 milímetros de cemento de Portland. Es muy importante tener siempre húmeda la cama inferior, sea con paños mojados, con aserrín ó con arena, que se riegan constantemente para que estén siempre húmedos. Se da á este pavimento el aspecto de losas, marcando con un clavo las juntas que éstas habrían de tener y si se quiere imitar la labra hecha con la escoda ó trinchante en las piedras naturales, se hace pasar por encima de la última capa de cemento un rodillo estriado ó lleno de asperezas.

983. Donde el yeso es de buena calidad se hacen excelentes pavimentos, á los que puede sacárseles brillo. Se tiende é iguala la cama con yeso negro sin acribar ó mejor con las granzas del cribado, y cuando está seca y ha hecho todos los movimientos propios de este material que, como se sabe, aumenta de volumen al fraguar, se colocan las reglas de que se ha hablado y después de regar esta cama se vierte en gran cantidad yeso amasado muy suelto para que por sí solo busque su nivel. Se le deja reposar hasta que empieza el fraguado y entonces se quitan las reglas, colocándolas en otro sitio para verter nueva masa, y así sucesivamente hasta terminar. Antes de que concluya el fraguado se abrillanta con la llana, y si se quiere imitar un embaldosado se marcan las juntas con un hierro, haciendo un ligero surco. Cuando á la masa se agrega ocre rojo, se toman estas juntas con el canto de la llana, empleando yeso blanco tamizado. Se le da una mano de aceite con una brocha cuando se quiere dar más duración á este solado.

Se consigue un piso tan duro como la piedra, mezclando seis partes de yeso blanco sin tamizar con una de cal apagada por aspersión y tamizada, cuya mezcla se amasa y tiende como anteriormente haciendo la capa de unos 6 milímetros de espesor. Cuando la superficie se halla perfectamente seca, se baña ó riega fuertemente con una disolución de sulfato de cinc que da una superficie blanca ó de hierro que produce al principio un tinte verdoso y después se hace amarillento rojizo ó rojo amarillento, según que la solución salina se haya empleado cuando la masa está completamente seca ó cuando no lo está. Si en esta superficie se da con una brocha una mano de aceite de linaza y litargirio con color algo pardo obtenido al calor del horno, presenta aquélla un color semejante al de la caoba, y si luego se le da otra mano de barniz copal, toma un tinte más oscuro y hermoso.

Según Pflüger, para hacer un suelo de yeso, deben hervirse en una caldera 5 kilogramos de cola fuerte de Inglaterra con cuatro trozos de cal viva y $^1/_2$ kilogramo de goma arábiga; cuya mezcla hervida se vierte en una cuba de agua, que es la que debe gastarse para amasar el yeso. El amasado debe ser trabado más que lo común. Se da color á este solado tomando hollín de chimenea, que desleido en agua se deja en infusión durante dos días: para emplearlo, se raspa el solado de yeso y se vierte esta agua, frotándola con un paño ó una brocha; se le deja secar bien, lo cual conseguido, se frota otra vez hasta alisarlo perfectamente.

Al hacer un solado de yeso se debe dividir el trabajo en secciones y aislarlo de las paredes para evitar los efectos que el aumento de volumen del

yeso produce al fraguar, aunque puede disminuirse esta cualidad mezclándole cisco.

Para dar un color al yeso no se debe mezclar á éste porque de este modo sale mal, sino darle el color al agua, la cual será mejor si es lechada de cal. En caso de mezclarlo con el yeso, es preciso darle muchas vueltas para que no predomine el color de uno ni de otro pasándolo además por tamiz.

Estas mezclas ó el agua coloreada, hay necesidad de hacerlas de una vez para que el solado salga de un color uniforme, removiendo de continuo el agua para que los colores no se vayan al fondo.

984. SOLADOS DE HORMIGÓN.—Se hacen solados con una capa más ó menos gruesa de hormigón que debe comprimirse y alisarse con la paleta. Los cementos no son muy á propósito, pues que la arena ó materias silíceas que encierran, se desagregan más ó menos rápidamente bajo la acción de los pies, y las partículas que se desprenden ayudan esta acción. Pueden resistir los de Fontenelle, Bonnet y Vicat artificial.

La contracción y dilatación que sufre el cemento con las variaciones de temperatura (205), aconsejan que al ejecutar un solado de hormigón de grandes dimensiones se divida en varias partes para evitar que reuniéndose en determinados puntos dicho efecto produzca deformaciones. Al efecto, se pueden hacer compartimientos por medio de tablas delgadas, cuyo ancho, colocado verticalmente, represente el espesor del hormigón, extendiendo éste alternadamente en dichos compartimientos; es decir, en el primero, tercero, quinto, etc., y después en el segundo, cuarto y sexto. Cuando la mezcla haya fraguado, se quitan las tablas y el hueco que dejan se rellena de mortero mezclado con pelote, que por su elasticidad permite el movimiento de dilatación y contraccion.

985. Demanet expone el siguiente procedimiento empleado en solar los pisos bajos de Bélgica:

Se mezclan en seco cuatro volúmenes de cal hidráulica en polvo, tres de cenizas de fábrica y una de gravilla bien lavada del tamaño de un pequeño guisante y se amasan con sangre de buey hasta obtener una masa homogénea. Se suele reemplazar la cal con cenizas de los hornos de cal.

Este mortero se prepara dos semanas ó un mes antes de su empleo, batiéndolo todos los días con un pisón de hierro. La cal ó la ceniza se apaga algunos días antes de hacerla entrar en la mezcla.

Para obtener buen resultado, se extiende esta mezcla sobre un suelo bien duro ó sobre un solado de ladrillo. Extendida la capa, se le bate durante muchos días seguidos y muchas veces al día hasta que ha endurecido completamente y no se abren grietas, pudiendo hasta darle brillo frotando la superficie, cuando ha fraguado bien, con una arenisca dura y agua.

986. El siguiente procedimiento está inserto en el formulario de las obras dependientes del Cuerpo de Ingenieros militares de Francia:

Para establecer un solado de piedra artificial ó de hormigón en los pisos bajos, se extiende una capa de gravilla sobre el suelo apisonado y sobre ella otra de mortero hidráulico de 3 centímetros: se cubre este mortero con guijarros ó fragmentos de piedras duras y pedazos de teja, de modo que batiéndolos con un pisón se introduzcan entre el mortero: se continuará así extendiendo capas de piedra y de mortero hasta unos 15 milímetros del nivel superior del solado, lo cual se llenará con mortero compuesto por partes iguales de arena fina, de teja molida ó de cualquiera otra puzolana y de cal medida viva. Este mortero se agita y bate perfectamente, y después de extendido se le frota con una batidera dos veces al día hasta que no produzca impresión. Para mejor pulir y endurecer la superficie, se frota después con un guijarro.

Es esencial no amasar el mortero de la última capa con mucha agua sino con poca, macerándolo á fuerza de brazo. Se determina exactamente la cantidad de agua que debe emplearse, echando la arena en una cuba de agua y sacándola mojada para mezclarla en seguida con los demás ingredientes. Si es preciso añadir aún algo de agua se vierte lechada de cal.

Si el suelo es sólido y seco se dan 20 centímetros próximamente de espesor al solado, formando la base con piedras planas: si el suelo es húmedo, es preciso formarle otro de mampostería con mezcla hidráulica, y si se establece sobre una bóveda ú otra fábrica, basta con un espesor de 5 á 8 centímetros.

987. ASFALTADOS.—Como preparación para extender el asfalto, se consolida é iguala el suelo por medio de mezclas de cal ú hormigón con el objeto de que no haga asientos que son la ruina de los asfaltados. Esta capa necesita para seguir adelante que se halle bien seca y no conserve humedad, pues de lo contrario, el aire que se desprende de esta humedad empuja la capa de betún y es la causa de

las irregularidades que aparecen en la superficie.

Lo más cerca del sitio de aplicación, para no perder calor, se coloca la caldera de palastro que lleva un hogar en el fondo y una chimenea en la tapa, la cual tiene además un agujero para que entre el cazo; se vierte en la caldera cierta cantidad de betún para ayudar la fusión y reemplazar los aceites perdidos por la evaporación, y cuando está fundido, se echa en pequeñas porciones el mastic de asfalto de los panes partido en pedazos, y removiéndolo con el cazo ó con una espátula de hierro, se le deja calentar hasta que se liquida. En este estado se le mezcla poco á poco arena gruesa ó gravilla fina y lavada y se bate el todo hasta que se halle bien impregnada la gravilla, y la mezcla adquiera la temperatura que antes tenía, continuando el agregado de la arena hasta la cantidad prefijada. Se debe evitar que la mezcla se queme—lo que se conoce por los vapores blancos que salen de la chimenea—pues la obra resulta entonces muy seca y quebradiza, destruyéndose con facilidad.

Cuando se trata de asfaltar una acera, un patio ú otro sitio donde sólo transiten personas, se extiende la mezcla dicha por bandas de unos 60 centímetros de anchura encerradas entre reglitas de hierro ó de madera del grueso de 10 á 15 milímetros, que es lo que ha de tener el asfaltado, cuya mezcla reparte un operario con una espátula de un modo uniforme espolvoreándo con arena gruesa y alisando luego la superficie con una plancha cuadrada de madera dura provista de un mango. El asfaltador que hace esta operación tiene que trabajar de prisa para que el asfalto no se enfríe. Las reglas se trasladan más adelante según se van necesitando, teniendo cuidado de soldar bien unas bandas con otras para lo que se calientan antes los bordes de unión con un hierro caliente ó dejando caer con el cazo ó cucharón un poco de asfalto caliente que luego vuelve otra vez á la caldera.

Se puede hacer también el asfaltado con planchas preparadas de antemano que se tiene cuidado de soldar bien, reblandeciendo los bordes de contacto con un hierro caliente.

En el encuentro con paredes hay que procurar que no pueda filtrarse el agua por la unión, aplicando mastic muy caliente, al que se da con la espátula la forma de chaflán.

Antes de dar un asfaltado al paso, se debe regar para acelerar su endurecimiento y cubrirlo además con arena para defenderlo de los tacones del calzado y de los bastones, que pudieran destrozarlo sino estuviera bien duro.

La superficie del asfaltado que ha de sufrir el paso de las caballerías se hace áspero, sea mezclando en mayor proporción la gravilla, sea imprimiendo en la misma superficie planchas de hierro con dibujos resaltados para que salgan rehundidos en el asfalto. Generalmente forman cuadrículas estos dibujos.

La cantidad de gravilla que se echa en la caldera varía según el espesor de la capa, la circulación probable y la máxima temperatura de la localidad. Generalmente se le mezcla al mastic asfáltico en la proporción de 60 por 100 ó sean tres de arena por dos de mastic. La gravilla, además de obrar como materia inerte destinada á economizar mastic de asfalto, tiene por objeto atenuar la acción del calor por ser menos fusible el asfalto cuando tiene más gravilla.

Sobre el asfalto, cuando todavía está caliente y según se va extendiendo, se pueden clavar chinas de canto, que siendo de un mismo tamaño pueden formar dibujos y combinaciones de colores, pero resulta caro y no da muy buenos resultados.

988. Se hacen afirmados de asfalto con un grueso de 4 á 6 centímetros en las calles y sitios de frecuente tránsito de carros y caballerías, donde la pendiente sea poca. Se prepara el piso si es flojo con un fuerte apisonado ó cilindrado y extendiendo una capa de hormigón hidráulico. Cuando éste se halla bien seco, puede verterse el asfalto del modo explicado, con la diferencia del grueso, que puede obtenerse en varias capas unas sobre otras. Cada una de éstas se espolvorea con arena gruesa y se comprime con un rodillo ó se apisona suavemente con una dama ligera de piso ancho, no extendiendo la capa superior hasta que esté fría la inferior y de manera que las juntas de unas bandas caigan en el medio de las inferiores. El afirmado se hace también de una capa solamente, cuyo espesor se reduce con la compresión ó cilindrado.

Como en los anteriores asfaltados, se extiende sobre estos firmes una capa de arena gruesa ó gravilla y se riegan abundantemente para que se endurezcan más pronto. La época de su construcción debe ser cuando no haya heladas, que les son muy perjudiciales, ni haga demasiado calor, porque tardan mucho en endurecerse.

ARTÍCULO VI

Pavimentos vegetales y metálicos.

989. ENTARUGADOS.—Análogamente á los empedrados y enladrillados de canto se ha ideado emplear tacos de madera sobre una capa de arena, colocados de modo que sus fibras estén verticales y que se sujeten unos á otros por la presión ó por medio de ranuras y lengüetas puestas en sus costados.

Las maderas preferibles para esto son el pino, el olmo, el fresno y la encina que pueden prepararse por cualquiera de los procedimientos de Boucherie, Bethel, Brunet, etc. (454) para darles mayor duración aunque hay quien cree que es innecesario. Hoy se prefiere en Inglaterra el pino de Noruega de fibras apretadas, pues la encina y el olmo se destruyen pronto por la acción de los agentes atmosféricos y el fresno resulta caro por su escasez.

En el piso de las calles y de los patios se emplean los tarugos de madera de pino sin sangrar, de forma de paralelepípedos de 15 á 25 $^c/_m$ de longitud, 15 á 20 de altura ó en sentido de las fibras y 7 á 8 de grueso, impregnados ó no de una mezcla alquitranada compuesta de creosota, aceite y alquitrán destilado. Se establecen sobre una base ó capa de hormigón bien apisonado (compuesto de $0^{m3}666$ de piedra partida al tamaño de 4 $^c/_m$ de arista, $0^{m3}333$ de arena y 200 kilogramos de cemento Portland) cubierta de otra capa de mortero de 12 $^m/_m$ de espesor, que se deja fraguar durante dos ó tres días antes de colocar los tarugos, los cuales se sientan por hiladas paralelas cuyas juntas de separación tengan de 8 á 10 $^m/_m$ alternando las transversales de modo que cada una corresponda entre dos de la anterior hilada. Las juntas se rellenan de mortero de cemento ó con la mezcla alquitranada en los 5 $^c/_m$ inferiores y el resto con mortero. En las orillas se deja un espacio de unos 5 centímetros sin entarugar, para permitir la dilatación de la madera, cuyo hueco se rellena con arena ó arcilla; y lo mismo conviene hacer en una junta entre hiladas por cada tres ó cuatro metros de longitud. Terminada la obra, se extiende una ligera capa de arena gruesa ó gravilla de unos 4 $^c/_m$ de grueso en toda la superficie del entarugado con objeto de que el tránsito de los carruajes y caballerías la introduzca entre las fibras de la madera haciéndola más dura y resistente.

990. PAVIMENTOS DE TABLA.—Las tablas sentadas de plano unas junto á otras por sus cantos, en sentido de su longitud, forman un *entablado* cuando son anchas y están simplemente yuxtapuestas, llamándose *entarimado* si son estrechas y se unen á ranura y lengüeta. Se denomina de *ensambladura* el pavimento compuesto de tablas cortadas según un dibujo geométrico, y *de cuarterones ó de recuadros* cuando se forma de cuadros sueltos que se unen unos á otros.

La época más á propósito para hacer un entarimado es el estío ó un tiempo seco, pues la madera se hincha con la humedad de la atmósfera, la cual es absorbida con tanta mayor facilidad cuanto más seca está la madera. El sol y las corrientes de aire la resecan demasiado y conviene por lo tanto que las puertas y ventanas del local estén colocadas para moderar la acción de aquellos agentes cuando se construye el pavimento. Además, después de terminado, es conveniente cubrirlo con una gruesa capa de virutas, de serrín ó de cualquiera otra materia para que las variaciones atmosféricas se encuentren mitigadas.

El sitio que ha de entablarse ó entarimarse debe estar seco y aireado de antemano, á pesar de lo cual es preciso separar las tablas del suelo, fijándolas en unos listones *D, D (fig. 818)* que se llaman *durmientes* y tienen de 5 á 8 $^c/_m$ de escuadría, los cuales se colocan de plano sobre el terreno ú otro solado en filas paralelas distantes de 25 á 50 centímetros y de modo que sus caras superiores enrasen con un mismo plano horizontal.

Los durmientes, cuando se sientan sobre el suelo natural, conviene que descansen sobre una cama de piedra, cascote ó carbonilla ú otro material que ofrezca huecos para que la humedad no los pudra. Se aseguran en una tongada de mezcla á la que se da la forma cóncava *aca,* para que la tabla del pavimento no reciba la humedad del terreno. En pisos bajos poco elevados sobre el terreno, se pueden practicar unos taladros en las fachadas al nivel del asiento de los durmientes para establecer corrientes de aire por debajo del entablado.

Se pueden asentar los durmientes sobre una capa de asfalto en caliente en la que se aseguran. Antes se ha debido extender otra capa de mortero hidráulico de 1 á 2 $^c/_m$ de espesor para recibir el asfalto. Igualmente se intercala un cartón bituminoso deba-

jo de las tablas sobre los durmientes, en cuyo caso éstos deben estar empotrados con anterioridad para que se seque la mezcla en que asientan y no quede encerrada la humedad.

En los suelos artificiales ó pisos superiores de los edificios, unas veces descansan las tablas sobre los maderos de suelo convenientemente enrasados, es decir, *á vano*, y otras sobre durmientes clavados á ellos ó sujetos con yeso como los *D*, *D* (*figura 740*) para lo que se erizan de clavos dispuestos á 20 $^c/_m$ de distancia, cuando menos, unos de otros.

991. ENTABLADOS ORDINARIOS. — En estos solados, las tablas se emplean de las dimensiones que salen de la sierra, es decir, con un ancho de 20 á 23 centímetros y un grueso que varía entre 2 y 3, llegando algunas veces á 5 y más cuando ha de resistir el rozamiento de grandes pesos.

Lo más ordinario es colocar las tablas acepilladas por una ó dos caras y sus cantos labrados con garlopa, ajustando unas con otras por simple yuxtaposición, es decir, á junta plana, como se ve en *A* (*fig. 200*) ó en ángulo como en *A'*. Se disponen por bandas perpendiculares á los durmientes *ab*, *cd* (*fig. 819*), en los cuales se fijan con dos ó tres clavos. Éstos forman líneas paralelas á las cabezas de las tablas en sus extremos ó en los empalmes *E* y oblícuamente en el resto *C*, *C*, debiendo tener doble ó triple longitud que el grueso de las tablas para que éstas queden bien sujetas. Generalmente se usan puntas de París, pero son mejores los clavos cuyo vástago es más ancho que grueso y tienen su cabeza oblonga, los cuales deben clavarse de modo que el ancho del clavo corte normalmente las fibras de la madera. Cuando se ha de acepillar ésta, se abren con el berbiquí unos taladros hasta 6 ú 8 $^m/_m$ de profundidad antes de poner los clavos, para que la cabeza de éstos se embuta en ellos; ó después de clavados se dan martillazos sobre un puntero ó pieza de acero puesta encima de dichas cabezas, á fin de que sobre ellas resulte un hueco. En ambos casos, el hueco se rellena después del acepillado empleando masilla ó trocitos de madera bien ajustados y encolados, que se introducen á golpes, de manera que sus fibras sean paralelas á las de las tablas á fin de que puedan recorrerse con el cepillo, cuya operación se hace después de terminado el pavimento para quitar las desigualdades que resultan del asiento de las tablas.

Rara vez, y esto solamente en obras de poca importancia, se colocan las tablas yuxtapuestas, pues por lo regular se disponen á media madera, como se ve en *B*, *B'* (*fig. 200*), en cuyo caso puede sujetarse el rebajo de la inferior por medio de clavos. El ensamble mejor, sin embargo, es el machihembrado á ranura y lengüeta *C* y *E*, unas veces rectangular y otras circular. Se sustituye algunas veces este ensamble por llaves *D* que se embuten en ranuras abiertas en los cantos de las tablas.

Las juntas de las extremidades de las tablas se unen al tope, cuidando que caigan sobre un durmiente ó madero de suelo, para que puedan fijarse en ellos los clavos de sujeción.

Por poco húmeda que esté la madera, las juntas longitudinales de las tablas se desunen inmediatamente que se secan y más si son anchas, alabeándose además y saliendo las lengüetas de las ranuras. Se aconseja en este caso no fijar las tablas á los durmientes ó maderos de suelo más que de una manera provisional y dejarlas en este estado hasta la completa desecación de la madera. Pero esto demora la terminación de la obra, lo cual es un gran inconveniente para la marcha ordenada de los trabajos y es preferible reducir la anchura de las tablas para que la contracción se reparta en mayor número de juntas, siendo por lo tanto menor en cada una.

992. ENTARIMADOS DE TABLAS ESTRECHAS.—Cuando el pavimento ha de ser de una ejecución algo esmerada, se cortan las tablas á un ancho de 8 á 12 $^c/_m$ por un grueso de 25 á 35 $^m/_m$ que se denominan *tabletas* ó *hijuelas*.

Las tabletas se disponen unas veces como anteriormente, paralelas á los lados de la habitación y otras en sentido diagonal. En este caso, se pueden cortar sus extremos de dos maneras: á inglete formando las juntas una línea continua *ad* (*fig. 820*), cuya disposición se llama *en espina de pescado ó á corte de pluma*, ó en ángulo recto según se indica en *cc* llamándose entonces *en punta de Hungría* ó *en espinape*. En ambos casos, el ángulo que forman las tablas con el durmiente es de 45 á 60 grados, advirtiendo que la contracción de la madera se hace sentir tanto más, cuanto más agudo es el ángulo que las tablas forman. También se cortan como aparece en la *fig. 821*, cuya disposición exige un doble corte y su colocación más cuidados, por lo que se emplea poco.

La dirección de las bandas se procura que esté en la misma que la de las ventanas ó balcones *A*

(*fig. 819*) ó que el eje de estos coincida con el de uno de los tramos cuando se adoptan las disposiciones de la *fig. 820*.

Estos entarimados se encierran por lo común en un marco ó friso *frs* que es una faja estrecha de tableta sentada á lo largo de las paredes siguiendo el perímetro del solado. Se sustituye algunas veces por un zócalo ó stilobato *z* (*fig. 692*), que es una tabla colocada en la parte inferior de las paredes para cubrir la unión de éstas con el entablado.

Cuando se adoptan las disposiciones indicadas en la *fig. 820*, después de fijado el friso se divide el ancho del solado en un número impar de partes iguales, cuya anchura varía entre 0^m75 y 0^m90, para que resulten diagonales de 1^m á 1^m30 que es la longitud más conveniente. Se arregla también esta dimensión y el ángulo en que se han de encontrar las de un tramo con las de los contiguos, á las dimensiones del local cuando se trata de aprovechar la mayor parte posible de madera de una partida ó de existencia en almacenes. Debe sin embargo procurarse que haya cierta proporción entre el ancho y el largo de las tabletas, dándoles 8 $^c/_m$ de anchura á las de 1^m de longitud y aumentando ésta según vaya siendo mayor aquélla.

En esta clase de entarimados se suelen combinar maderas de dos colores para dar mejor aspecto al pavimento, alternándolos como indica el rayado de la figura, sin incurrir en el defecto de aparentar desniveles que perturben la vista del que anda. Las maderas, en este caso, deben tener la misma dureza para que se gasten lo mismo las de un color que las de otro y no presenten desigualdades al cabo de algún tiempo.

993. Las tabletas ó hijuelas se ensamblan entre sí á ranura y lengüeta, adoptándose muchas veces la disposición indicada en la *fig. 822*, de manera que la parte inferior *a* tenga más salida que la superior *b* para poderla clavar á los durmientes *D* como en los ensambles á media madera *B*, *B'* (*fig. 200*), sin que resulte aparente en la superficie del entarimado, pues los clavos quedan cubiertos por la tableta contigua. En estos casos, el ensamble debe endentar una mitad más que el grueso de la tabla, para que no aparezca la desunión al secarse la madera.

Las tabletas se clavan en los durmientes del mismo modo que se ha indicado para los entablados ordinarios y cuando el entramado es de hierro, se fijan en codales de madera dispuestos como los travetales *A* de la *fig. 737*, para cuyo efecto se colocan á la distancia conveniente. Lo mismo sucede con los listones *A* de la *fig. 738*.

Cuando las tablas descansan directamente sobre viguería de hierro, se pueden sujetar por medio de manecillas *sn* (*fig. 823*) que por un extremo *n* se fijan en la tabla, pudiendo girar alrededor del tornillo y por otro entran debajo de las alas de la vigueta á la cual abrazan.

994. ENTARIMADOS DE ENSAMBLADURA. — Los pavimentos *de ensambladura* se componen de hijuelas ó tabletas cruzadas en todos sentidos, dejando entre ellas huecos generalmente cuadrados (*fig. 824*) que se llenan con trozos de tabla cuidadosamente ensamblados unos á otros. También se hacen triangulares los huecos y alguna vez formando adornos poligonales ó circulares. En todos ellos debe procurarse que los colores no produzcan el efecto de un piso desnivelado, impropio del uso que ha de tener y que hace inseguro el paso por él.

Para esta clase de obra se deben escoger maderas duras, sanas, sin nudos, grietas ó rajas ni albura, y con las fibras enteras para que puedan resistir las cargas y los frotamientos que han de sufrir. Las tabletas han de estar bien derechas, con las aristas vivas y bien cortados sus ángulos para que ajusten bien unas piezas con otras. La disposición de los durmientes ha de ser bien á nivel sin emplear para ello cuñas, ó con un ligero peralte en el centro formando bombeo si es de grandes dimensiones el local que se entarima, con objeto de que si se produce algún asiento tomen la situación horizontal.

995. ENTARIMADOS DE CUARTERONES Ó DE RECUADROS. — Estos pavimentos llamados así porque se componen de cuadros sueltos que se unen unos con otros para formar el piso, se fabrican con maderas finas de colores, perfectamente labradas y ajustadas entre sí, formando variados dibujos de que dan idea las *figs. 825* á *827*.

Estos tableros sustituyen hoy con gran economía á los antiguos embutidos ó mosaicos de madera llamados *taraceas*. Cada cuarterón, que tiene la figura de un cuadrado ó de un polígono regular, se forma por un bastidor de piezas ensambladas á caja y espiga que encierra el embutido.

Las maderas que comunmente se emplean son el roble, el nogal, la caoba y el ébano, los cuales se sustituyen con roble teñido de rojo y con jicaranda.

Se las somete á la ebullición secándolas luego naturalmente ó en estufas para aplicarles después los tintes.

996. La colocación de estos tableros se verifica uniéndolos entre sí á ranura y lengüeta y clavándolos además á los durmientes, que para el efecto se disponen á las distancias convenientes, empezando por el centro de la habitación. Generalmente se establecen sobre un entablado sencillo para aumentar la resistencia del pavimento y oponerse á su deformación. En este caso, así como cuando se tiene un solado bueno de otra clase que le sirva de cama, pueden colocarse directamente los tableros sin necesidad de clavos ni tornillos, siempre que en las ensambladuras de dos piezas contiguas se encuentren las fibras de la madera en direcciones cruzadas, de modo que obrando en diferentes sentidos, la tendencia al alabeo se opone mutuamente á su deformación. Se encajan también en compartimientos hechos de piezas ensambladas á caja y espiga, que hacen de durmientes ó soleras y reciben los tableros por sus cantos, á cuyo efecto tienen las correspondientes ranuras de encaje. Igualmente se colocan en sentido diagonal sobre listones de pino *aa (fig. 825)* de 3 por 7 centímetros próximamente; los cuales, como los durmientes, deben estar perfectamente nivelados ó con un ligero peralte en el centro, como se ha indicado para los pavimentos de ensambladura.

Los tableros, cuyas juntas de unión entre unos y otros están señaladas con líneas gruesas en la figura, se deben rectificar antes de colocarlos, recorriendo las muescas si es preciso ó haciendo otras nuevas cuando los tableros se dividen ó cortan en pedazos. Presentados en su sitio, se encajan y apuntan bien, y después se colocan las lengüetas y se aprietan, en caso de que éste sea el medio de unión. Cuando están colocados todos los tableros de un suelo, se recorre todo con un cepillo de carpintero, comprobando con una regla en todos sentidos si la superficie es perfectamente plana.

Los movimientos debidos á las variaciones atmosféricas que dilatan y contraen las maderas, se procuran neutralizar en estos pavimentos empleando recortes entre las paredes y los bordes del entarimado, los cuales, al ceder á dichos esfuerzos, dejan á las piezas moverse, pero de modo que sus cantos permanecen unidos. También se han ideado medios de unión que permiten estos movimientos.

Terminada la colocación de todos los tableros de un piso, se repule ó recorre con la rasqueta que usan los ebanistas, pues siempre quedan desigualdades donde se deposita la cera que después se emplea para sacar brillo al piso, y en ella se adhiere el polvo.

997. CONDICIONES DE UN BUEN ENTARIMADO Y MODO DE ENCERARLO.— La madera que se emplee en un entarimado debe estar seca, sin nudos ni albura: los durmientes han de hallarse bien nivelados, así como el entarimado: las piezas de que éste se compone, cortadas con precisión para asegurar el ajuste, con aristas vivas y bien acepillada su cara superior.

998. Para sacar brillo á los entarimados, sean de tabletas, de ensambladura ó de cuarterones, se prepara la cera con que se han de frotar, disolviéndola en esencia de trementina ó en agua caliente adicionada de sal de tártaro y dejándola al aire en ambos casos durante veinte y cuatro horas hasta que forme una pasta blanda. Se extiende después con un pincel ó paño de bayeta ó lana y se deja secar un día por lo menos, procediendo entonces á sacarle brillo con una brocha ó cepillo.

Las hendiduras que se abren por consecuencia de la desecación de la madera, se cierran con un mastic compuesto de esencia, resina, cera y serrín muy fino de madera de encina ú otra, según la naturaleza del entarimado.

999. ENTABLADOS Ó ENTARIMADOS SORDOS.—Para evitar el ruido cuando se anda sobre los entarimados y el polvo y malos olores cuando se desgantan con el uso y se abren ó separan sus juntas longitudinales, se hacen dobles clavando sobre los maderos de suelo un guarnecido de tablas y sobre él unos listones cruzados transversalmente para sobre ellos fijar el entarimado que ha de formar el pavimento. El espacio que media se rellena de pelote, paja ó musgo seco, que se van introduciendo y apretando con un palo á medida que se clavan las tablas del entarimado superior. También se emplea para relleno el escombro fino y el mortero; pero en este caso, debe extenderse y no dejarlo secar mucho para que los clavos no lo hiendan, ni poner el entarimado cuando está muy húmedo, porque disminuyendo de volumen al secarse, quedarían huecos en el relleno, dando entonces paso á los ruidos y al polvo.

1000. PAVIMENTOS DE BALDOSAS VEGETALES.— Los productos que se fabrican con aserrín de madera ó corcho (496 á 498), se sientan,

según es su naturaleza, sobre un entablado sin acepillar, sobre durmientes ó maderos de suelo ó encima de un enladrillado ó capa de hormigón, empleando en unos el betún, la mezcla de cal ó yeso, y los clavos ó tornillos en otros.

Para sentar las baldosas de xilolita sobre un entablado, se le hace una cama de arena ó se colocan unas tiras de cartón ú otro material semejante sobre el que se sientan las baldosas formando sus juntas con mastic hecho de arcilla, cal viva y polvos de cuarzo. Las baldosas se achaflanan por sus cantos inferiores ó se desportillan para que el mastic se adhiera. Si el suelo es húmedo se dejan juntas de 3 milímetros, que se rellenan con mastic hecho de barniz, yeso y albayalde. Se fijan á la madera empleando tornillos ó clavos de latón ó hierro galvanizado de cabeza avellanada, que ha de quedar embutido en la baldosa. Cuando éstas han de colocarse sobre ristreles dispuestos en una cama de hormigón ó enladrillado, se extiende antes una tortada de cemento ó de asfalto; si se emplea el cemento, deben enlucirse las baldosas por su cara inferior ó de asiento con una mano de asfalto para que no se adhieran á aquél.

1001. SOLADOS DE HIERRO. — Aunque rara vez, se construyen hoy baldosas de hierro fundido de un centímetro de espesor próximamente, á cuya cara vista, como á las de cristal *(fig. 46)*, es preciso dar la forma estriada ó la de la *fig. 47*, y también la de figuras circulares, triangulares, romboidales, etc., para que no sean resbaladizas, pues el destino de estas baldosas es únicamente en cocheras, zaguanes, cuadras, etc. Por la parte inferior hay que proveer á estas baldosas de rebordes más ó menos espaciados que les presten resistencia. Su colocación en obra es simplemente yuxtapuestas unas ó otras, sin ensamblaje ni unión alguna especial.

Si se han de emplear sobre viguería de hierro, se hacen planas por su parte inferior ó se amoldan á las cabezas de las vigas sujetándolas por medio de pernetes ó tornillos.

La duración é incombustibilidad de estos solados son incontestables; pero su color negruzco y su conductibilidad para el calórico, así como la dificultad de mantener el estriado, que con el tránsito desaparece y las hace resbaladizas, son condiciones que hacen excluir este material de los edificios á no ser en casos muy especiales.

ARTICULO VII

Techos ó revestimiento inferior de suelos.

1002. NATURALEZA Y CLASES DE TECHOS. — Entiéndese en construcción bajo el nombre de *techo* la cara inferior de un suelo, sea bóveda ó entramado, cuyos suelos pueden quedar visibles revelando su construcción ú ocultos con un revestimiento.

Los techos formados por una bóveda presentan rara vez los materiales al descubierto en los edificios y sólo cuando éstos son de importancia y aquéllos son de sillería ó el ladrillo de fábrica esmerada. Lo general es revestir las bóvedas de un revoque más ó menos adornado como el de las paredes.

Los suelos de entramado, que antiguamente quedaban al descubierto con sus maderas muchas veces labradas con esmero y hasta doradas formando *artesonados*, se han ocultado en el siglo que termina con los llamados *cielos rasos*, de superficies enrasadas ó lisas aunque adornadas generalmente por ligeras molduras, siendo muchas veces el pintor el encargado de representar lo que se oculta, ofreciendo la perspectiva de ricos artesonados.

El cielo raso aparece ligero y se presta á que el pintor desarrolle su genio, pero tiene para el constructor el inconveniente de dejar sin ventilación las maderas, que por no haber llegado á su punto de sazón se recalientan con facilidad y duran poco tiempo.

1003. ARTESONADOS. — Son obras de carpintería de taller y aún de ebanistería y en ellas se emplea unas veces la madera solamente y otras combinada con el barro, el yeso y la loza, haciéndose también estas obras con estos últimos materiales cuando los entramados son de hierro. El techo formado con maderas labradas y entrelazadas artísticamente según el gusto árabe, se llama *alfarje* y cuando el artesonado es una armazón de madera independiente del suelo al que se fija con tornillos ú otros medios, se denomina *sobrepuesto*.

Varias son las disposiciones que se adoptan para formar un artesonado. Se dejan al descubierto por la parte inferior los maderos de suelo mm, m' *(figura 828)*, los cuales se labran y molduran al efecto; se forma con ellos y unos peinazos ó tacos T, T', T'', que se introducen entre ellos transversal-

mente, una especie de cajones cuyo hueco llamado *lagunar*, se cierra á la mitad de la altura próximamente, con un tablero también moldurado *aa*, *a'a'*, *a''a''*, que se llama *artesón* ó *casetón*, de donde procede el nombre de artesonados que se da á esta clase de techos. Este tablero se clava por dos de sus bordes en los rebajos *a''*, *a''*, practicados en los tacos *T* y se apoya por los otros dos en listones moldurados *ss*, *s'*, clavados ó sujetos con tornillos en los costados de los maderos de suelo. El centro del tablero se cubre con un rosetón, estrella ó adorno poligonal y esta misma forma se da también á los casetones pintándose después todo con brillantes colores, realzados muchas veces con dorados, cuya obra presenta una suntuosidad á que no ha llegado ninguna otra clase de techos.

Para esta clase de obra, los maderos de suelo deben estar colocados perfectamente paralelos entre sí y sujetar sus cabezas de un modo análogo al indicado en la *fig. 653* ó encajarlas en carreras *C* (*figura 829*) cuando descansan sobre vigas maestras, en cuyo caso el perfil de la moldura *acd* se hace igual al de la viga con la que debe jugar. Los tacos que forman los casetones se ensamblan con los maderos de suelo á caja y espiga en cola de milano, de manera que resulte sólida la unión, como se representa en perspectiva en la *fig. 830*, donde *J* es una viga, *M* un madero de suelo y *T* el taco, que en este ejemplo no enrasa inferiormente con el madero *M* pero forma el casetón.

El moldurado de las vigas maestras se hace generalmente más complicado que el de los maderos de suelo, acudiendo muchas veces al empleo de tablas molduradas como las *ac* de la *fig. 605*, que ensamblan en otras verticales *vc*, y forman casetones con los maderos de suelo *M*, *M*.

Las vigas se apean casi siempre por sus extremos en ménsulas más ó menos decoradas, según se vió en las *figs. 647* y *648* y se representa también en la *fig. 831*.

1004. Las dos secciones verticales que aparecen en la *fig. 832*, corresponden á un artesonado donde los tacos *T*, *T'* enrasan por abajo con los maderos de suelo *mn*, *m'n'*, formándose el moldurado con tablas sujetas entre sí por medio de tornillos *N*. En la *fig. 833* aparece la sección vertical de un casetón formado de tablas molduradas que se clavan unas con otras y se fijan en los maderos de suelo *M*, *M* y en tacos dispuestos á trechos en las entrecalles de éstos.

Los casetones no siempre afectan la figura cuadrada ó poligonal, en la que generalmente no se distinguen los maderos de suelo de los tacos. Se colocan éstos de manera que resulten salientes, como indica la *fig. 834*, que es un techo mirado por abajo, haciendo corridas las molduras de sus aristas inferiores *aa*, *a'*. Los tacos *T*, *T''*, *T'''*, tienen su apoyo en los maderos *M* por medio de espigas que entran en cajas abiertas en la cara lateral de éstos y en unos y otros se fijan los listones moldurados que forman los casetones y en los que asientan los tableros *A*, *A'* con que se cierran ó cubren. Estos se fijan también sobre escopleaduras practicadas en el canto superior de los maderos de suelo y de los tacos, según representa en sección la *fig. 835*.

En la *fig. 836* representamos el corte ó sección de una entrecalle de maderos de techo *M*, que no sostienen suelo, á los que se han clavado tablas molduradas por la parte inferior y otras en los costados para recibir las del techo *ac* que por sus extremos van á apoyarse en vigas maestras ó en los tacos *aosc* que forman los casetones. Estos tacos pueden no tener en su unión con los maderos de suelo más apoyo que el grueso de las tablas de los costados, pero para ello es preciso que las maderas estén bien secas con objeto de que no encojan y caigan dichos tacos. Por sus costados, ó sea cerrando el perímetro del artesonado, la entrecalle tiene una ligera curvatura *bd* para unirse á las paredes. Las tablas que adornan la cara inferior de los maderos de techo, pueden sujetarse con clavos de cabeza dorada ó de otra clase que contribuyan á la ornamentación.

1005. Se simplifica el artesonado reduciendo el adorno de los techos al moldurado de los maderos de techo, como se representa en la *fig. 837*, cuya proyección horizontal está tomada mirando de abajo arriba. El madero de suelo *T* lleva adosadas dos gruesas tablas *m''d''*, *m'd'*, *md* y debajo otra *aa* con sus aristas achaflanadas y á trechos con unos resaltos cuadrados *A*, *A'*, *A''*. Unos listones *nn*, *n'*, reciben por debajo las tablas *B''*, *B*, *B* que cierran el techo y cuyas juntas al tope están cubiertas por listones moldurados *oo*, *o'* que como se ha dicho (719) solo deben clavarse á una de ellas.

La *fig. 838* presenta el ejemplo de otro techo artesonado de ligera construcción, donde las vigas *V*, *V'*, son tablones que reciben en sus costados unas costillas ó gruesos listones *C*, *C'*, en los cua-

les va el entablado, cuyas juntas se cubren con listoncillos *A*, *A'* enlazados por sus extremos por medio de tablas recortadas *T* formando una decoración sencilla y de buen efecto.

1006. Para evitar que en el artesonado resulten grietas ó se abran sus juntas con las vibraciones que produce el tránsito sobre el piso superior, se hace independiente del entramado de suelo, formando otro más ligero por debajo *(fig. 839)* que algunos llaman *contrasuelo*, ó se suspende de los maderos de suelo *(fig. 840)* por medio de barras de hierro *ac*, *ac* que se clavan por su extremo superior á los maderos de suelo *M* y sujetan por el inferior las piezas *bb* que han de formar los casetones, las cuales pueden también estar colgadas del entablado de piso por barras *dd* que se clavan al canto de las tablas que lo forman.

1007. Cuando los entramados de suelo son de hierro, pueden hacerse también artesonados de madera revistiendo las vigas y viguetas con madera moldurada de un modo análogo al que representa la *fig. 622*. Pudieran también laminarse los hierros con molduras apropiadas en las cabezas de las viguetas I pero este trabajo especial sería de gran coste y solo aceptable cuando el número de piezas que se hubieran de modelar compensara los gastos.

1008. IMITACIÓN DE ARTESONADOS.— En fábricas dedicadas al objeto, se construyen tableros y cajones de roble ú otra madera análoga, cuyas diferentes piezas están machihembradas y montadas por presión, presentando combinaciones de variados dibujos, de que da una idea la *figura 841*, cuyos colores distintos le dan más realce.

Para colocarlas en obra se reviste primeramente el techo con tablas de 15 $^m/_m$ de grueso, cuando los maderos de suelo no se hallan á la distancia ó en la dirección conveniente ó no presentan un plano perfecto. Se forma luego el armazón del artesonado con pino de Flandes, y en los compartimientos formados se ajustan los tableros ó artesones preparados en la fábrica, cubriendo finalmente la armazón con las molduras que forman los casetones. Terminada la colocación, se les da una mano de aceite cocido y otra de barniz Flating.

1009. También se fabrican hoy placas de yeso, cuya alma es un tejido claro hecho á propósito, lo que les da una gran resistencia. Estas placas ó casetones se adhieren fácilmente al forjado de los entramados que enrasan inferiormente con los maderos de suelo *(figs. 713, 740 y 742)* y se pintan después imitando la madera y los dorados antiguos ó con colores de variados tonos.

Adornando con molduras las esquinas de los maderos de suelo *(fig. 703)* y clavando en sus costados los listones moldurados *ac*, *ac*, para hacer el forjado mediante las tablas *aa* como se dijo (903), se pueden adornar los espacios que comprenden con los tableros de yeso que acabamos de mencionar ú otros *ee* que puedan adherirse con yeso á la superficie inferior del forjado.

1010. Del mismo modo que en la viga de la *figura 623*, pueden apoyarse baldosas molduradas en las viguetas de suelo cuando es poca su separación, pero cubriendo las cabezas inferiores de éstas con otros ladrillos que deben fijarse por sus costados en los cantos salientes de las baldosas. Las *figs. 758 á 761* presentan ejemplos de lo que puede hacerse con las baldosas para imitar los artesonados.

Con planchas de cinc moldeadas y estampadas se imitan también los artesonados presentando relieves poco ó mucho abultados y de poco peso, pudiéndose adaptar perfectamente á cualquier techo.

1011. CIELOS RASOS.—Cuando los entramados se rellenan de fábrica, presentando inferiormente una superficie plana más ó menos áspera *(figs. 713, 740, 742 y 762 á 770)*, solo falta tender un revoque ó enlucido que la deje lisa, entomizando antes la madera ó el hierro de la viguería para que se le adhiera la mezcla, cuyo medio puede sustituirse en la madera haciéndole escamas con la azuela ó clavándole clavos. En caso de no haber este enrase inferior, se obtiene de diferentes maneras, ya con tablas ó lienzo, ya formando un tejido más ó menos espeso hecho con listones, cañas, alambres, etc., que se forja con mezcla de cal ó yeso, ya finalmente sosteniendo este forjado en un enrejado de hierro.

1012. Para hacer un cielo raso con tabla cuando el entramado es de maderos, lo más sencillo es enrasar éstos por abajo quitándoles las partes salientes con la azuela y agregando desperdicios de tabla en las entrantes para clavar después tablas ó lienzos que den la superficie plana.

Las tablas se clavan transversalmente *(fig. 842)* acepillándolas antes y recorriéndolas perfectamente por sus cantos para que ajusten unas con otras si la unión se verifica al tope y labrando con esmero las ranuras y lengüetas si de este modo se han de unir. Estos medios no dan una superficie unida

porque la desecación de la madera produce un hueco en la junta de muy mala vista, y para evitar este defecto, las tablas se colocan al tope y se cubren sus juntas con listones *m, m*, moldurados ó no, en cuyo caso, el cielo raso se denomina *entabacado*. Las cubrejuntas, como ya se ha indicado en otros puntos, solo se clavan á una de las tablas dejándolas en libertad de contraerse y dilatarse.

Se disponen también las tablas en las entrecalles del entramado para lo que se les da la longitud de éstas y se introducen por sus cantos en ranuras longitudinalmente practicadas en los costados de los maderos, cuya operación se hace al mismo tiempo que se colocan éstos, pues de lo contrario habría que dar mucha anchura ó sea altura á las ranuras, según se ve en *aa (fig. 843)* para que introduciendo inclinadas la tablas *A* como se indica de puntos, pudieran descansar en la ceja de la ranura. Con objeto de que al desecarse la madera no se vean abiertas las juntas entre el madero y las tablas, se retiran un poco éstas de la arista de aquél, haciendo la ranura un poco alta y labrando molduras en dichas aristas, según se indica en la *figura 844*. Si no se quiere debilitar los maderos con las ranuras, se pueden clavar tablas transversalmente uniéndolas entre sí á ranura y lengüeta, en cuyo caso la longitud de las tablas será la distancia entre los maderos de suelo.

1013. La superficie del cielo raso se obtiene haciendo un forjado de mezcla sostenido en latas ó listoncillos de madera muy delgados *cr (fig. 699)* y también con cañas enteras, clavándose unas y otras perpendicularmente á los maderos de suelo por su cara inferior y dejando entre unas y otras un hueco de 1 á 2 centímetros.

Si el entramado es de viguetas de hierro, hay que fijar antes transversalmente en sus cabezas inferiores unos codales ó costillas *B (fig. 738)*, donde puedan clavarse las latas ó cañas, cuyos codales se disponen á la distancia que consiente la rigidez de éstas. Para formar el forjado entre estos listones ó cañas, se extiende encima la mezcla de manera que rebose por abajo, á fin de que presente asperezas en las que se adhiera después el enlucido. Esta operación se hace también por abajo obligando á la mezcla á introducirse entre las latas y recubrirlas. El enlatado se entomiza en algunas ocasiones, lo que permite dejar mayores los huecos.

Si las latas ó listones se clavan dejando más de 2 centímetros de hueco entre ellos, se coloca provisionalmente un tablero debajo que reciba y sostenga el yeso mientras toma cuerpo, como se indicó para hacer el relleno de las entrecalles *(figs. 763 y 764)*.

Se acostumbra dar más rigidez y resistencia á estos forjados haciendo la torta de yeso de una forma cóncava ó de canal, como las representadas en las *figs. 702* y *742*, poniendo antes en los costados de los maderos de suelo unos clavos que contribuyan á sostener el forjado.

Cuando para el forjado se emplea mortero de cal y éste se echa por encima, se le mezcla con paja para que no se escurra entre las cañas ó latas, y cuando ha fraguado, se tiende por abajo una capa de mortero para conseguir una superficie suficientemente plana, aunque áspera, donde agarre después el enlucido.

1014. La caña se emplea por lo general partida formando un tejido ó un cañizo, como se dijo al tratar de este material (493). En este caso se comprende que debe clavarse con los suficientes clavos para que puedan resistir el peso del forjado y que no formen pandeo las cañas.

También se hace en algunos puntos el forjado de los cielos rasos fijando clavos en los costados de los maderos de suelo junto á sus aristas inferiores y labrando entre ellos un tejido con tomiza suficientemente tupido y tirante, á fin de que pueda aguantar la tortada de yeso. Para extender ésta, es preciso colocar provisionalmente por debajo los tableros de que ya se ha hablado mientras fragüe el yeso y puede resistir por sí sólo sin pandearse.

Con el tejido fibroso de cocotero que se envuelve en yeso, se hacen cielos rasos en Inglaterra, clavando el tejido en la cara inferior de la viguería.

Los tejidos metálicos ó sean los alambrados pueden aprovecharse para forjar los cielos rasos, fijándolos con clavos como en los casos anteriores. Para tender la mezcla es preciso en este caso la colocación provisional del tablero por debajo mientras la mezcla forma cuerpo.

1015. Para forjar el cielo raso entre viguetas de hierro, cuando el arriostrado se presenta por la parte inferior *(fig. 742)*, se aprovecha éste intercalando otras varillas para formar una malla cuyos huecos sean de menos de 20 centímetros. Esto mismo puede hacerse estando el acodalamiento ó los pernos á la mitad de la altura de las viguetas, sólo que entonces hay que doblar los hierros *aa (figura 740)* para que bajen á enrasar con la cara infe-

rior de la viguería, como indica la figura y se detalla en la *fig. 757*, según se explicó al hablar del arriostrado (928). Se comprende que la tortada de yeso necesita sostenerse provisionalmente en un tablero.

Cuando las viguetas son de sección I puede establecerse el cielo raso volteando bovedillas tabicadas casi planas apoyadas en las alas inferiores del hierro, empleando para ello el cemento ó yeso de excelente calidad.

1016. Para hacer el enlucido de los cielos rasos, se procede primero á fijar las líneas maestras, como en el revoque de paredes (760), determinando las que han de formar los rincones ó ángulos del techo con las paredes por medio de un reglón *rc (fig. 845)*, entre el cual y la fábrica se introduce la mezcla; y empleando la tarraja, como en las cornisas (755), cuando el perfil es curvo ó moldurado. En los dos casos se procura que abarque parte del plano horizontal del cielo raso y del vertical de la pared para que sirvan de maestras y que la recta de encuentro de ambos planos, cuando se hacen con reglón, esté bien horizontal ó que lo estén las líneas ó molduras que lo limitan cuando se hacen con tarraja. Sirviendo de guía las maestras *rr (figura 846)* y otras *an, an*, que se hacen normales á ellas, se arroja la mezcla entre ellas como en el revoco de paredes y se hace correr ó resbalar á lo largo una regla *R* para arrastrar el mortero que sobresale del arrojado antes con la paleta entre unas y otras maestras.

Este jaharrado no deja lisa la superficie, y para conseguir esta condición se extiende el enlucido ó sea otra delgada capa de mortero fino ó de estuco, cuya operación exige manos hábiles para que resulte de un espesor uniforme y con una superficie plana y tersa, como se indicó al tratar del enlucido de paredes (761).

Los cielos rasos más sencillos forman el plano liso que se acaba de mencionar; pero generalmente se les pone un adorno en el centro á manera de flor muy grande ó *florón* ó de forma circular, que se llama *rosetón*. En los ángulos que el techo forma con las paredes, se colocan también rosetones ó macoyas que se unen entre sí generalmente por ligeras molduras. Estos adornos se hacen aparte en moldes á propósito y se fijan en su sitio pegándolos con yeso antes de extender la capa fina del enlucido con objeto de que puedan adherirse bien á las asperezas del jaharrado. Los ángulos entrantes formados por el techo y las paredes, se matan generalmente con una simple media caña ó con una escocia que se hace más ó menos moldurada y se enriquece con adornos.

Para hacer estas molduras se vale el albañil de la tarraja de que se ha hablado al tratar del corrido de cornisas (755).

De metal estampado y especialmente de cinc se hacen también las escocias y los centros de techo, ya sean de contorno seguido ó de adorno recortado y calados sus fondos, los cuales pueden pintarse y dorarse antes de ser colocados, así como quitarlos cuando sea necesario, volviendo á servir después de lavarlos ó repintarlos.

Una precaución que debe tomarse antes de dejar terminado un techo, es la de colocar los ganchos de donde han de colgarse las lámparas ó arañas y fijar los tubos de conducción del gas ó los alambres si el alumbrado es eléctrico.

1017. MEZCLAS QUE SE EMPLEAN PARA FORJAR Y ENLUCIR LOS CIELOS RASOS.— La mezcla que con preferencia se emplea para los cielos rasos es el yeso por ser material que se sostiene por sí mismo mientras el albañil lo extiende, lo que no sucede con la cal común. En Extremadura, sin embargo, se emplea ésta por su excelente calidad y pronta adherencia, si bien actualmente la baratura de los transportes facilita la adquisición del yeso de la Mancha y hace que éste se agregue muchas veces á la mezcla de cal y arena, facilitando el trabajo con un ligero exceso de coste.

En donde falta el yeso, se hace también el enlucido de los cielos rasos empleando una mezcla de cal y arcilla á la que se agrega *borra*. La borra mejor es la de ternera y las que salen del tundido de los paños por tener más ligazón y elasticidad y estar menos sujetas á hacerse copos. Antes de mezclarla debe batírsela con varas para separar bien sus fibras. La arena ha de ser muy fina y de buena calidad, especialmente para la última capa.

El noque ó artesa donde haya de verificarse la mezcla, debe tener una rejilla para no dejar paso á la piedra ni á otra materia extraña. Cuando está hecha la mezcla de cal y arena ó arcilla, se la remueve con un palo y se echa encima la borra poco á poco hasta que la masa haya adquirido alguna consistencia.

Esta masa se extiende por capas en el enlistonado ó encañizado. La primera capa debe tener de 18

á 20 milímetros de espesor; la segunda, que se aplica cuando la anterior está seca, tiene 7, y á la tercera se da un espesor de 2, haciéndose cada una con mezcla cada vez más fina. Se debe pasar la llana muchas veces sobre cada capa á medida que se seca para cerrar las grietas que se abren por la contracción de la mezcla, y particularmente sobre la última capa, que queda unida y tersa como los estucos cuando se ejecuta con esmero.

La tercera capa ó la segunda, si no se extienden más que dos, debe ser hecha con cal muy pura y borra blanca, pudiendo emplearse la de color, que es más barata, para las capas inferiores.

Se ejecutan con esto, además de los cielos rasos, las cornisas ó molduras, debiendo siempre evitarse el hacerlo en tiempo de hielos.

Cuando se quiere pintar esta clase de enlucidos, debe tardarse un año y hacerse en buena estación.

1018. TECHOS SORDOS Ó ENSORDECIMIENTO DE SUELOS.—La sonoridad que poseen los materiales, especialmente el hierro y la madera, hace que los ruidos producidos en los pisos superiores se transmitan á los inferiores, y el constructor debe evitarlo, adoptando ciertas disposiciones que aislen el techo del pavimento superior cuando éstos son de compacta construcción, ó rellenando el espacio comprendido entre ellos con materias malas conductoras del sonido.

El medio que mejores resultados da, es la construcción de dos suelos, uno sobre otro, que encerrando una capa de aire intermedia, interrumpa el paso de las ondas sonoras, sirviendo el superior, llamado *sobresuelo*, para pavimento, y el inferior para techo; pero este remedio es costoso y ocupa una altura que hace más molesta la subida al piso superior y sólo se emplea en palacios y en casos especiales.

Los suelos, cuya estructura forma espacios huecos, pueden sustituir al medio anterior, pero es necesario que tanto el techo como el solado superior ofrezcan un cuerpo compacto, como los hechos con yeso ó con mezcla de cal. Se consigue el vacío en los suelos que tienen bovedillas apoyadas en viguetas, haciendo un alomado sobre la clave de aquéllas que presente su borde superior á nivel con las cabezas de las viguetas á fin de apoyar en él y en éstas unos listones de madera para recibir el solado, que debe ser de fábrica, quedando así una capa de aire intermedia entre éste y las bovedillas.

Se ha propuesto también rellenar los huecos que resultan entre el solado y el cielo raso cuando sólo hay un entramado, con una materia que sin cargar excesivamente los suelos los haga malos conductores del sonido. Pueden emplearse para ello virutas de carpintero empapadas en una lechada de cal bastante espesa, que las hace, además, incombustibles; las cuales, después de bien secas, se colocan apretadas entre los maderos. Si se añade un kilogramo de cloruro de cinc por hectólitro de lechada, se impide que los roedores se alojen entre las virutas y se evita la fermentación que pudiera producir la humedad.

Aunque no es peligroso el empleo de esta sustancia desinfectante, sin embargo, los trabajadores deben proveerse de anteojos y lavarse las manos al terminar su tarea.

CAPÍTULO V

De la cubierta de los edificios

ARTÍCULO I

Forma exterior de las cubiertas.

1019. SU OBJETO Y CONDICIONES. — Para cubrir un edificio, ó sea para *coger ó tomar sus aguas*, se forman una ó varias vertientes ó superficies inclinadas, que pueden ser planas ó curvas; las cuales tienen por objeto dar fácil salida á las aguas llovedizas y á las nieves que caigan sobre ellas y proteger al mismo tiempo del frío y del calor al interior del edificio. La cubierta, cuando está muy elevada, toma el nombre de *techumbre*, y el de *montera* cuando está revestida de cristales para dar luz á patios, galerías, etc. En algunos puntos de clima cálido, las cubiertas son suelos con la pendiente precisa para el escurrimiento de las aguas y toman el nombre de *azoteas ó terrados*. Las cubiertas se dice que están á *teja vana* cuando forman el techo del edificio, lo que no sucede generalmente, pues que se ocultan inferiormente disponiendo un techo horizontal que por lo regular es un cielo raso.

1020. Para que una cubierta llene perfectamente su objeto, ha de ser impermeable y suficientemente sólida, con pendientes razonadas en armonía con el clima y materiales de que se forme, que escurra fácilmente y con prontitud las aguas ó nieves y que los encuentros de sus diferentes vertientes tengan fácil salida ó desagüe. Conviene además disponer seguro acceso en ellas para registrarlas y repararlas, así como darles buen aspecto decorativo ó más bien la regularidad y proporción de sus líneas y superficies.

1021. PENDIENTE DE LAS CUBIERTAS. En general, son *rectas ó á escuadra* aquellas cubiertas cuyas dos vertientes opuestas forman en el caballete ó cúspide un ángulo recto, es decir, que están inclinadas á 45 grados. Si la inclinación es menor son *rebajadas* y si mayor *peraltadas*.

Esta inclinación ó pendiente depende de la naturaleza de la cubierta, del número de las juntas, de la magnitud del recubrimiento y del clima en que se construya. Un material poroso y absorbente, como la teja y la pizarra, deja subir el agua por sus juntas, efecto de la capilaridad, á mayor altura que las láminas metálicas, y necesitan por lo tanto mayor pendiente ó que el solapo sea mayor. El número de juntas aumenta el de los puntos que dan paso al agua, lo cual hace comprender que menos pendiente necesitará una superficie continua sin junta alguna ó con ellas perfectamente soldadas, que otra compuesta de varias de ellas aun cuando el material sea el mismo. Hay que tener presente, además, el grado de inclinación á que pueden colocarse los materiales sin resbalar y si pueden sujetarse ó clavarse. El clima influye de un modo muy notable. En paises secos, el agua de lluvia no tiene tiempo de empapar los materiales como en uno húmedo en donde siempre están mojados, dando así más fácilmente paso á la humedad. Las nieves se detienen con pendientes suaves cargando extraordinariamente, pero resbalan sobre superficies muy inclinadas y de aquí las grandes pendientes de las cubiertas en los paises frios y la muy escasa en los cálidos, donde se reducen á azoteas.

Empleando tejas de barro no debe pasar la pendiente de $0^{m}67$ por metro (34°) ni ser menor de $0^{m}25$ (14°), porque siendo mayor resbalan las tejas, y siendo menor retrocede el agua y ocasiona goteras. Las pizarras se emplean con pendientes de $0^{m}46$ á

1^m (25 á 45°) y las cubiertas metálicas con las de 0^m32 á 0^m38 (18 á 21°), aunque también admiten mayor pendiente. El vidrio y el cartón se usan con pendientes de 0^m18 á 0^m36 (10 á 20°). Las azoteas tienen de 3 á 10 por 100 de inclinación ó pendiente.

1022. CUBIERTAS DE UNA VERTIENTE. —Se forman de un plano inclinado *(fig. 847)* que también puede ser una superficie curva y se apoya en dos paredes *aa*, *a'a'*, *cc*, *c'c'*, ó en postes *P*. La línea horizontal superior toma el nombre de *cumbre* y la inferior el de *alero*, denominándose *tendido* toda la superficie. El alero está muchas veces provisto de una canal con pendiente hacia uno ó varios puntos para conducir las aguas pluviales á sitios determinados y desviarlas del pie de la pared, lo que se consigue también haciendo muy saliente dicho alero, en cuyo caso le llaman en algunas partes socarón ó tejaroz.

La cubierta que está al aire sostenida ó apoyada en una pared *(fig. 848)* es un *colgadizo*, que toma el nombre de *marquesina* cuando presenta delante de las puertas una defensa ó abrigo.

Las cubiertas de una vertiente se aplican á construcciones sencillas y cuando se necesita un abrigo, como en los invernáculos, que la tienen expuesta al Mediodía y quedan resguardados del Norte por la pared más alta. En este caso, es muy común darles la forma cilíndrica y siempre se pueblan en todo ó en parte de cristales, para que pase el sol y no penetre el frío.

1023. CUBIERTAS Á DOS AGUAS.—Se denomina así la cubierta que se forma de dos vertientes opuestas ó tendidas *ac*, *a'c'*, *cb*, *c'b'* *(figura 849)*, apoyadas en dos muros *M*, *M'*, llamados *piñones* ó *hastiales*, que marcan la inclinación de la cubierta. Si éstos terminan en dos cornisas rampantes *ac*, *bc* *(fig. 277)*, que estriban en otra horizontal *ab*, forman un triángulo que toma el nombre de *frontón*.

Cuando el espacio que se ha de cubrir á dos aguas es rectangular ó paralelográmico, los piñones son sus lados menores y el *caballete*, que es la línea de encuentro de ambos tendidos así como los dos aleros ó aristas inferiores de cada vertiente, son horizontales y paralelos; mas cuando se trata de cubrir un cuadrilátero ó un trapecio *(figura 850)*, se hace el caballete *cc* paralelo á uno de los lados, partiendo del lado menor *ba* con objeto de simplificar el trabajo, resultando así plana una de las vertientes *bcd* y alabeada la otra *ace* Esto produce mala vista en el hastial del anch mayor *ed* por ser desiguales sus líneas inclinada *dc*, *ce*, *d'c'*, *c'e'*, lo cual se evita situando el caballete á igual distancia de los dos muros longitudinales, tal como lo indica la línea *oc* de la figura inferior; pero entonces, si se desean conserva horizontales dicho caballete y los aleros, las línea de máxima pendiente que son las que recorre e agua al escurrirse por la cubierta, tendrán en cad punto una inclinación diferente; y si por el contrario se quiere que todas estas líneas tengan la misma pendiente, el caballete no estará á nivel, lo cua también produce mal aspecto en la cubierta.

1024. De algún tiempo á esta parte se construyen cubiertas á dos aguas, cuyas vertientes tiene distinta su anchura y pendiente *(fig. 851)* llamándose *Sheds* ó *á diente de sierra* y también *de alumbrado lateral*, pues su objeto es proporcionar lu en la mayor cantidad posible, evitando al mism tiempo que sea muy viva. Para conseguirlo se procura exponer al Norte la vertiente áspera *cb* qu es por donde entra la luz sin que penetre el sol, obteniéndose de este modo una luz difusa, regular constante en el interior. Éste se destina á tallere y cuando éstos ocupan grandes espacios se disponen, como se ve en la figura, unas cubiertas á continuación de otras, presentando su sección transversal el aspecto de una sierra, de donde viene est denominación. El trazado de estas cubiertas se reduce á dividir la superficie que se ha de cubrir e bandas dirigidas de Este á Oeste, cuya anchura n pase de diez metros y cubrir estos espacios con do vertientes cada uno, la menor de las cuales dirigida al Norte es la que ha de dar paso á la luz. E ángulo *cba* que esta vertiente ha de formar con horizonte, se hace generalmente de 70 á 75 grado y el de la mayor *ac* se acomoda á la naturaleza d revestimiento y al clima, como la de cualquiera otr cubierta.

1025. Se llaman *quebradas* ó *quebrantada* aquellas cubiertas que tienen sus vertientes formadas de dos planos como los proyectados en *ab*, *b* *(fig. 852)*, uno con pendiente muy áspera y otr de una suave inclinación, presentando una arist horizontal *de quebranto b*. Estas cubiertas, á pesa de su monstruoso aspecto, tienen alguna aplicació porque están de moda, y se trazan de varios modo El más usado se reduce á dividir en cinco parte la semicircunferencia descrita con la luz *aa* com

diámetro y unir los puntos *a* y *b* y éste al *c*, cuyo perímetro fija las vertientes. Se divide también en seis partes la luz *aa* y levantando por la primera división la vertical *ee'* se tiene la arista de quebranto *e'* al encontrarse con la circunferencia dicha, y las vertientes serán las *ae'*, *e'c*. El procedimiento que proporciona mayor altura disponible para aprovechar estas cubiertas como viviendas, consiste en tirar por el vértice *c* una tangente, cuya longitud *dc* sea igual á los $^2/_3$ del radio y fijar la cumbre *c'* de modo que *cc'* sea igual á $^1/_3$ del mismo radio y la unión de los puntos *a*, *d* y *c* dará el perfil exterior de un lado de la cubierta. La parte abrupta de estas cubiertas llamadas también mansardas por ser Mansard el que las extendió en Francia, se llama verdadera cubierta y la superior *falsa*, denominándose quebranto la arista que las une.

1026. Parecido su perfil al casco invertido de una nave es la cubierta *(fig. 853)* formada de dos curvas *ao*, *oc*, en cada vertiente, cuyos centros están en *x*, *x*. La cubierta que tiene esta sección se llama *imperial*, porque tiene el aspecto de una corona de emperador cuando se construye sobre espacios redondos, poligonales ó cuadrados. Por su parte interior afecta esta clase de cubiertas un perfil curvo sea de medio punto ó elíptico.

1027. CUBIERTAS Á CUATRO AGUAS.—Estas cubiertas se forman *(fig. 854)* de dos vertientes ó tendidos cuadrangulares ó trapezoidales *dcca* y *bcch*, y de otras dos triangulares *dcb*, *a'ch* que se llaman *faldones*, presentando además del caballete *cc*, cuatro aristas inclinadas *cb*, *cd*, *hc*, *ac*, denominadas *limas tesas*. Los faldones son *rectos F* si las paredes *db* en que apoyan por su alero forman ángulo recto con las longitudinales *bh*, *da'* y *oblícuos* cuando no, como el *hca'*. En ambos casos, el alero es horizontal en todo el perímetro de la cubierta y el vértice superior *c* de los faldones se fija de manera que *ac* sea igual á $ad = ab$.

La cubierta de un cuadrilátero *(fig. 855)* se dispone trazando primero la proyección *cc* del caballete paralelo á la línea *ab*, determinando sus extremos *c*, *c*, como se acaba de indicar. Las limas tesas *mc*, *dc*, pueden ser rectas ó curvas. En el primer caso las partes de vertiente que se cortan han de ser superficies planas y para ello se tiran las líneas *ee*, *nn*, de modo que las partes triangulares *mce*, *ncd* tengan una forma plana mientras que el resto *encc* del tendido resulta alabeada apareciendo una ligera quiebra al trazar las líneas de unión de las tres superficies. Si la limatesa ha de ser curva *(figura 856)* se divide cada una de las líneas *cn*, *nd*, *dh*, *hc*, en un número igual de partes iguales y se unen los puntos de división por rectas, como aparece en la figura, con lo que las intersecciones *7*, *8*, determinarán la proyección horizontal de la curva de la lima tesa que será la *c78d*. Del mismo modo se describirá la curva de la lima tesa *cm* resultando que la superficie *cenc* comprendida entre ellas será alabeada. Los faldones *dcb*, *mca* serán planos, así como el tendido *abcc*.

1028. Las cubiertas á cuatro aguas se denominan *en pabellón*, cuando tienen su planta cuadrada ó pentagonal. La más sencilla es la de planta cuadrada en forma de pirámide cuadrangular, cuyas caras son cuatro faldones iguales *(fig. 857)* que apoyan en otras tantas paredes terminadas superiormente según líneas horizontales *aa'*, *ab*, *a''b''* en las que van los aleros. Si las paredes rematan en ángulo como los piñones ó hastiales para dar más variedad al pabellón, puede disponerse la cubierta según aparece en la *(fig. 858)* componiéndola de cuatro vertientes cuadradas, cuyas diagonales *ca*, *c'a'* tienen la dirección de la máxima pendiente; ó como el cruce de dos cubiertas á dos aguas *(figura 859)* que presentan horizontales los caballetes *ee*, *e'e'*, *cc*, *c'* é inclinados los aleros *ca*, *c'a'*, *cb*, *c'b'* y forman cuatro ángulos entrantes en el sentido de las diagonales del edificio á donde acuden las aguas, los cuales toman el nombre de *limas hoyas*. Se adopta también la disposición indicada en la *fig. 860*, en la que los faldones de la *fig. 857* están penetrados por el cruce de la *fig. 859*, presentando la primera sus cuatro limas tesas *ao*, *a'o'*, *ob*, *o'b'*, que van desde la cúspide á las esquinas del pabellón y la segunda sus caballetes cortados *ed*, *e'd'*, *cn*, *c'* formando la intersección de una y otra las limas hoyas *ea*, *ca*, *cb*.

1029. CUBIERTAS PIRAMIDALES, CÓNICAS Y DE REVOLUCIÓN.—Cuando la figura del espacio que se trata de cubrir es poligonal, la cubierta se compone de tantas vertientes triangulares ó faldones como lados tiene el polígono, siendo horizontales sus bases, las cuales forman un alero corrido alrededor del perímetro. Las aristas de esta pirámide son limas tesas y según es su forma, así se denominan pabellones cuadrados, pentagonales, etc. Si los faldones tienen una figura irregular la cubierta es *oblícua*.

La altura que se da á esta clase de cubiertas es

variable; rara vez tienen menos del tercio de su anchura y casi nunca pasan del doble. Se exceptúan de esta regla las que se destinan á dar remate á las torres de las iglesias, en cuyo caso se llaman *chapiteles*, tomando el nombre de *agujas* cuando el chapitel es muy estrecho y alto. En ambos casos toman formas muy variadas presentando caprichosos perfiles.

Las cubiertas se denominan cónicas cuando afectan esta forma por el exterior, y *en cúpula* cuando están engendradas por una curva alrededor de un eje vertical *(fig. 526)*. Si éstas tienen su altura mayor que el radio, se denominan *peraltadas* ú *ojivales*, y esta es la forma que se adopta haciéndola de dos centros, especialmente en las que están elevadas, con objeto de que resulten con esbeltez, pues de lo contrario aparecen como aplastadas, además de que son poco favorables para la vertiente ó desagüe de las lluvias y nieves.

1030. ENCUENTRO DE CUBIERTAS. — En la intersección de dos cubiertas formadas de superficies planas pueden ocurrir dos casos: el de que sus caballetes estén á la misma altura y el de que no lo estén. En el primero el encuentro que se forma se llama *nudo* y en el segundo *nudillo* y según sea el ángulo que forman los ejes de las cubiertas, así se denominan nudos ó nudillos *rectos* ú *oblícuos*.

Si las cubiertas que se encuentran tienen igual, no sólo su altura sino también su anchura, lo verificarán como indican las *figs. 861, 862* y *863*, según que el ángulo sea recto, obtuso ó agudo, pero siempre en un plano vertical *hct* donde la intersección *hc* será una lima hoya y la *ct* una lima tesa. También se encontrarán las cubiertas en un plano vertical cuando difieren sus anchuras, si la altura de ambas es igual, como se ve en la *fig. 864*, resultando una lima hoya *hc* y una lima tesa *ct*.

Cuando el extremo de una cubierta se encuentra con el costado de otra de la misma altura, lo hará como se representa en las *figs. 865* y *866*, según que el ángulo sea recto ú oblícuo, y en ambos casos resultan del encuentro dos limas hoyas *nh*, *nh'* que parten del encuentro de los caballetes y conducen las aguas á los vértices de los ángulos que forman los aleros. En caso de cruzarse las cubiertas se cruzarán también sus caballetes *(figs. 867* y *868)* y las limas hoyas opuestas *hn*, *nb*, estarán en el mismo plano vertical.

Cuando los caballetes de las cubiertas que se encuentran tienen distinta altura, como ésta depende de su anchura, si la extremidad de la más estrecha *B* encuentra al costado de la mayor *A (figs. 869* y *870)*, el caballete de la primera se quedará en el punto *o*, el cual distará del plano vertical que pasa por *hh* la mitad del ancho que tenga la cubierta *B*, resultando dos limas hoyas *oh*. Si la extremidad de la cubierta más ancha se encuentra con el costado de la estrecha *(figs. 871* y *872)*, la unión ó nudillo se verifica de otra manera. Para ello se supone que la cubierta más ancha *A* llega hasta la pared opuesta *ar* resultando un faldón *acr*, cuyo trapecio *aber* formará parte de la vertiente ó tendido de la cubierta *B* y el triángulo *bce* seguirá por cima del caballete de ésta, el cual encuentra al faldón *acr* en los puntos *e*, *b*. De éstos parten las limas hoyas *bh*, *eh* y en ellos terminan las limas tesas del faldón *acr* que resultan truncadas ó reducidas á las partes *cb*, *ce*.

Si las dos cubiertas terminan en el ángulo que forman entre sí *(figs. 873* y *874)*, el procedimiento anterior será igualmente aplicable trazando el faldón *cat* de la mayor, resultando entonces una lima tesa completa *ct* y otra truncada *ce* con la lima hoya *eh*.

Por los medios indicados será fácil hacer el estudio y trazado completo de los encuentros entre cubiertas planas, sea cualquiera su número.

En el encuentro de cubiertas de superficie curva, la intersección lo es también. Si una esfera es cortada por un plano, la línea de encuentro será un arco de círculo; cuando el plano corta oblícuamente á un cono, se producirá una curva elíptica; si lo hace paralelamente á una de las generatrices del cono, la curva será una parábola, y si es paralelo á su eje, una hipérbola, convirtiéndose en triángulo si el plano pasa por la cúspide del cono. En fin, cuando dos superficies curvas cualesquiera se encuentran, un cono y un muro circular por ejemplo, ó un muro circular y una cúpula, se obtendrá una línea de doble curvatura.

1031. LINTERNAS Y BUHARDILLAS.— Las formas exteriores de las cubiertas, ya sean de una ó de varias vertientes, se interrumpen muchas veces con linternas análogas á las que coronan generalmente las cúpulas de fábrica, como la indicada en la *fig. 526*. Estos cuerpos salientes se construyen hoy en toda clase de cubiertas de planta rectangular, cuando las paredes exteriores por donde puede recibirse la luz y el aire están muy dis-

tantes y el espacio cubierto necesita luz y ventilación abundantes. Las linternas en este caso no están compuestas de cimborio y cúpula (789), pues su planta no es circular ni poligonal, sino que son otras pequeñas cubiertas levantadas sobre la principal, como la *aca* de la *fig. 904*. También se disponen á un lado de la cumbre, como se ve en la *figura 901*.

Con el mismo objeto que las linternas se hacen las llamadas *buhardas ó buhardillas*, que son unas ventanas dispuestas generalmente en la parte inferior de las cubiertas y sobre el alero, estando resguardadas por tejadillos.

ARTÍCULO II

Armadura de las cubiertas en general.

1032. COMPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS.—Las vertientes de las cubiertas se forman con dos obras muy diferentes: una la *armadura* de madera, de hierro ó de ambos materiales, que determina ó fija la figura de la cubierta, y otra la cubierta verdaderamente dicha ó sea la superficie que recibe directamente la acción del agua, de la nieve, del aire ó del sol y es el revestido de la anterior.

Este revestimiento descansa sobre tablas unidas unas á otras ó solapadas y también separadas, sobre listones de madera, cañas ú otro material análogo ó sobre hierros de secciones varias, cuyos materiales se fijan ó clavan en un entramado como los explicados para los pisos, pero dispuestos en sentido de la pendiente de la cubierta.

En un edificio ordinario, la pendiente de la cubierta es unas veces perpendicular en proyección horizontal á la longitud de las paredes que limitan el ancho del espacio que se ha de cubrir *(fig. 875)* y los maderos ó hierros *ac, a'c', dc, d'c'*, llamados *cabrios*, se colocan en sentido de la pendiente; otras veces ésta es paralela á las paredes *M, M (figura 876)* y éstas terminan con la inclinación *a'h', b'h'* de las vertientes, en cuyo caso los cabrios *a'h'* descansan en otras piezas horizontales *cc, c'*, llamadas *correas*, las cuales hacen las veces de los muros del caso anterior y pueden ser por lo tanto vigas maestras, como en los suelos. La *hh, h'*, que forma el caballete ó lomo, toma el nombre de *parhilera* y también el de *gallo, puente ó cumbrera* y el ángulo *a'h'a'* el de *cartabón*. En algunas partes, cuando la distancia entre las paredes *M, M* es menor de 4 metros, las correas se colocan tan próximas como los cabrios, según se ve á la derecha de la figura, haciendo el oficio de éstos y diciéndose entonces que la madera está *atrojada*.

Observaremos que las maderas inclinadas tienden á resbalar hacia abajo produciendo un empuje en la pared más baja, para cuyo contrarresto hay que hacerla del espesor necesario. La correas, ó sea la madera *atrojada*, contribuye por el contrario á dar más estabilidad á las paredes sirviendo de enlace entre unas y otras. En ambos casos las correas ó los cabrios no deben pasar de la longitud máxima de 4 metros si se ha de atender á la economía y se ha de evitar el considerable empuje que en los muros produce una mayor longitud. En ocasiones, sin embargo, las correas son de mayor longitud y se convierten en vigas más ó menos fuertes, como se verá más adelante (1043).

1033. ARMADURAS DE CUBIERTA.—Cuando la anchura que debe salvarse es mayor de los 4 metros, el entramado, compuesto de correas y cabrios, se apoya generalmente sobre armazones verticales colocadas normalmente al eje ó longitud de la cubierta, haciendo el oficio de las paredes *M, M* de la figura anterior y cuyo perfil superior determina las vertientes de la misma. Estas armazones toman el nombre de *cuchillos* si el perfil está formado de líneas rectas y el de *cerchones* si es curvo el contorno interior ó exterior. Las piezas principales inclinadas que reciben el entramado, se llaman *pares*, y el espacio que hay entre dos cuchillos ó cerchones, *tramo*, denominándose *estribos* los muros que los sostienen. De vértice á vértice de cuchillo va la pieza horizontal llamada *hilera*, que los enlaza y forma el caballete de la cubierta, descansando en ella y en los muros estribos los cabrios cuando la distancia entre estos puntos no pasa de 2 á 3 metros, pues cuando es mayor se sostienen además en correas, las cuales se apoyan en los pares y van, como la hilera, de unos cuchillos á otros enlazándolos.

Los cuchillos ó cerchas pueden sustituirse con vigas horizontales tendidas de una pared á otra sobre las que se coloquen unos postes para recibir las correas y la hilera, dándoles la altura que pida la pendiente de la cubierta. Este medio es aplicable en talleres donde la viga haya de llevar árboles de transmisión, poleas, etc., y el peso de la cubierta sea relativamente pequeño.

1034. La disposición más sencilla que puede adoptarse para formar un cuchillo de dos pendientes, consiste en ensamblar los dos pares *ac*, *cb* *(fig. 877)* por una de sus extremidades *c*, haciendo descansar las otras en los muros; pero como no resultan con estabilidad, se apoyan sus cabezas en una pieza horizontal ó parhilera que forma el lomo de la cubierta. El peso de ésta ejerce un esfuerzo de flexión en los pares, los cuales sufren también compresión, aunque de poca importancia, cuando la distancia de los puntos de apoyo del par es pequeña; y como en virtud de estos esfuerzos tiene una tendencia el ángulo del vértice á aumentar su amplitud, exige la invariabilidad de figura indispensable al equilibrio, que los muros resistan al empuje horizontal que les transmiten dichas piezas ó que se adopte una disposición que lo evite ó contrarreste.

Rarísima vez pueden las paredes resistir el empuje de los pares cuando éstos alcanzan dimensiones algo considerables y el constructor debe buscar en el mismo cuchillo de armadura los medios de contrarrestar ó anular los empujes que ellos producen.

El mejor medio para ello es unir las extremidades inferiores de los pares *(fig. 878)* por medio de una pieza *ab* llamada *tirante*, el cual impide la separación de dichos pies; pero como esta pieza es un estorbo en ciertos casos se adoptan disposiciones que, dejando más ó menos libre el espacio comprendido por los pares, neutralicen los empujes que éstos producen.

Si las paredes suben por encima de la cubierta, puede colocarse á la altura del caballete de ésta una barra de hierro ó *tirante* que se amarra fuertemente en dichas paredes formando triángulos indeformables con los pares.

Además de esto, como las maderas ó hierros más comunes no tienen la sección ó grueso suficientes para resistir el peso de la cubierta, hay que proporcionarles apoyos intermedios entre el caballete y el alero para que, siendo menor la distancia entre ellos, sea mayor la resistencia del par; y si, además, la longitud de éstos ha de ser mayor que los hierros ó maderas disponibles, es indispensable que los empalmes se encuentren en los puntos de apoyo. De todos modos, debe procurarse que estos puntos correspondan con el asiento de las correas para que la flexión de los pares se disminuya transmitiéndose el peso directamente á los apoyos.

Vamos, pues, á exponer varias disposiciones ideadas para formar cuchillos con tirante ó sin él.

1035. CUCHILLOS CON TIRANTE.— El sistema de par y tirante indicado en la *fig. 878*, puede servir para salvar desde las más pequeñas á las mayores anchuras ó distancias entre muros, si los pares son vigas de la conveniente resistencia, como sucede en las de enrejado que hoy tienen gran aplicación cuando las armaduras de cubierta son de hierro. En este caso, para que el tirante no ceda á su propio peso y más si está cargado, se sostiene en su centro por una pieza *cp* llamada *pendolón (fig. 879)* que baja del vértice del cuchillo, y si no es bastante se emplean otras *F (fig. 880)* que se denominan *péndolas*, las cuales cuelgan de los pares.

1036. Entre los varios medios propuestos para proporcionar á los pares puntos de apoyo intermedios entre sus extremos, se encuentra el empleo de jabalcones. Cuando el par no necesita más que un apoyo, el jabalcón *(fig. 881)* transmite el peso que carga sobre el medio del par al extremo inferior *p* del pendolón y éste lo traslada al vértice *c* del cuchillo, donde descompuesto en sentido de la longitud de los pares va á ser destruido por la resistencia de los apoyos ó mejor por el tirante *ab*. Muchas veces, si el tirante ha de sostener alguna carga, como suelo, se suspende ó sostiene por medio de péndolas *cd (fig. 882)* bajadas de los puntos de apoyo de los pares.

En el caso de que la pendiente del par sea de 1 por 1 ó sea de 45°, el jabalcón le será normal; pero á medida que vaya disminuyendo su inclinación con respecto al horizonte, el jabalcón irá tomando posiciones más oblícuas cada vez.

Puede proporcionarse también el punto de apoyo al par con jabalcones que le sean siempre normales y que entonces toman el nombre de *bielas;* pero como en este caso en lugar de unirse las dos en el tirante en su punto de unión con el pendolón, lo harán en un punto distinto *e*,*e* *(fig. 883)*, será preciso unir ambos con el vértice *c* de la armadura para no dejarlo sometido á esfuerzos transversales que exigirían fuertes escuadrías, resultando así dos pendolones *ec*, *ce* llamados cuerdas, y tomando este sistema la denominación de *Polonceau*, que fué quien lo ideó. En la práctica se acostumbra levantar un poco el tirante central *ee*, tanto por evitar que descienda de la horizontal al cargar la armadura, como porque resulta una disposición más elegante; este

peralte suele ser de $^1/_{30}$ de la luz. En estos cuchillos, cuanto más fuerte es la pendiente menos es el empuje hacia el exterior, de modo que en ciertos casos pueden hacerse muy ligeros.

Para proporcionar dos apoyos á los pares por medio de jabalcones oblícuos, se dividen el par y semitirante en tres partes iguales cada uno *(figura 884)*, se une con un jabalcón el centro *p* del tirante con el primer punto *d* del par y con otro jabalcón el punto *k* del tirante con el segundo *e* del par; y para impedir la flexión que éstos causarían en el tirante, si debiera resistir á los esfuerzos que le transmiten, se enlazan su centro *p* con el vértice *c* por medio del pendolón *cp* y las demás divisiones del mismo número por medio de péndolas ó falsos pendolones *dk*, *eg*, que serán verticales si las divisiones de las piezas son iguales entre sí. El tirante puede ser peraltado en su centro.

El sistema de jabalcones normales puede obedecer á dos tipos. En el primero todos se apoyan en el tirante, como se observa en las *figs. 885* y *886*. En el segundo, que es el de Polonceau, toman las disposiciones de las *figs. 883* y *887*, en las que los pares pueden considerarse como vigas armadas *ace* (862 y 880). El tirante central *ee* se suspende ó no del vértice *c* por medio de una péndola. En los dos tipos puede levantarse la parte central del tirante, resultando inclinadas las secciones que van á las paredes.

Empleando jabalcones oblícuos ó normales se ponen tres de cada lado en luces de 15 á 16 metros y cuatro desde 16 á 28. En el sistema de Polonceau, con una biela en cada par, se salvan luces de 12 á 26 metros, y con tres, desde 26 á 30.

1037. Se puede evitar también la flexión de los pares, proporcionándoles puntos de apoyo por medio de *puentes*, que son piezas horizontales que van de unos á otros, como el *dd* de la *fig. 888*, formando un contorno interior poligonal. De los extremos del puente y del vértice del cuchillo, bajan por lo general péndolas *ed* y un pendolón *cp* á sostener el tirante, como lo hizo Paladio, por lo que toma su nombre este sistema de cuchillos. Se adopta también la disposición de la *fig. 889*, cuya triangulación hace indeformable el cuchillo.

Se podrán establecer dos ó más apoyos intermedios en los pares por medio de puentes, según lo requieran las dimensiones del espacio que se trata de cubrir y las de las piezas disponibles para construir la armadura: no habrá más que unir para ello los puntos de división de los pares entre sí; y las péndolas, si las hay, tendrán por objeto sostener el peso del tirante y oponerse á la flexión que pudieran experimentar los puentes por el esfuerzo de compresión á que están sometidos.

1038. Pueden proporcionarse apoyos á los pares en su parte inferior por medio de jabalcones *br* *(fig. 890)* que descansan por su pie en la pared ó en un postecillo *ab* adosado á ella.

Combinando estos jabalcones con los que pueden estribar en el pie del pendolón y con puentes, se disponen apoyos á los pares de la manera que indican las *figs. 891* y *892*. Los jabalcones centrales de la primera figura, apoyan unas veces en el punto *p'* y otras en el *p* del pendolón, como se indica de puntos, en cuyo último caso refuerzan al puente. Adoptando estas disposiciones se sostiene el tirante con péndolas, como las *ke*.

1039. Las armaduras á diente de sierra ó de pendientes desiguales *(fig. 851)* descansan en postes ó columnas sobre las que corren carreras ó vigas que reciben los pares ó los cabrios, así como la canal, y muchas veces árboles de transmisión, poleas, etc., de donde resulta que, en la generalidad de los casos, las carreras son de gran resistencia y se disponen pareadas para que cada una reciba los pares ó cabrios de la vertiente que le corresponde y pueda alojarse entre ellas la canal.

Aunque en estas cubiertas se contrarrestan los empujes de unas con otras, el ensamble de los pares ó cabrios en la cumbre resulta poco estable y se disponen riostras ó tirantes entre las carreras ó columnas con objeto de que éstas no se desplomen, cuyos tirantes pueden aprovecharse para ciertos usos del taller ó fábrica donde se establecen estas cubiertas. En este caso, y cuando la anchura de la shed es pequeña, pueden suprimirse los cuchillos y formar las vertientes con cabrios sin necesidad de correas, disponiéndolos á la distancia que permita la resistencia del entablado ó enrejado que haya de recibir el revestimiento. Cuando por el contrario, la anchura de la shed es considerable, se emplean formas llenas ó de celosía para los pares y se refuerzan con jabalcones.

1040. Las cubiertas á la Mansard ó quebrantadas *(fig. 852)*, tienen su armazón formada de dos partes: la superior *bcb*, es un cuchillo de par y tirante que se refuerza ó no con pendolón y jabalcones, cuyo cuchillo apoya en dos tornapuntas *ab*, *ab*, que son los pares de la pendiente fuerte.

1041. Especialmente desde que se emplea el hierro en cubiertas, se adoptan los arcos para la composición de los cuchillos. El *acb* (*fig. 893*) lleva generalmente un tirante *ab* que impide la separación de los arranques contrarrestando el empuje, cuyo tirante se suspende por su medio de una péndola *cp*. El sistema se refuerza, cuando es necesario, con jabalcones *ps*, ó disponiéndolo como una cimbra.

En armaduras de grandes luces se adoptan los cuchillos en forma de hoz (*figs. 894 á 897*). Las dos primeras se componen de un arco exterior *acb*, atirantado por su cuerda *ab*, y las segundas de dos arcos que se unen en los arranques y se separan en la cumbre. En unas y otras se disponen jabalcones ó bielas *J* y tirantillas *T* en más ó menos número según es la luz ó anchura que se ha de salvar, pero formando siempre triángulos para que resulte indeformable. Los jabalcones *J* que sufren esfuerzos de compresión pueden ser normales á los arcos *acb* ó verticales, y se unen en todos casos sus extremos con las tirantillas, formando N unas veces como se ve á la izquierda de las figuras citadas y cruzándose otras según se observa á la derecha.

1042. CUCHILLOS SIN TIRANTE.—Cuando debe dejarse libre de obstáculos el mayor espacio posible, se suprime el tirante de los cuchillos, adoptando disposiciones que anulen ó debiliten el empuje de los pares, con objeto de que los muros donde estriban puedan resistirlo.

La disposición más sencilla que puede adoptarse es la que indica la *fig. 898*, llamada *de tijera* porque las piezas *ad*, *eb*, forman esta figura y resulta indeformable por componerse de triángulos.

Cuando la madera constituía el principal elemento de construcción de armaduras, el arquitecto Filiberto de L'Orme ideó el sistema representado en la *fig. 899*, y el coronel Emy el de la *900*, cuya construcción se detallará más adelante.

Hoy que el hierro facilita tanto la ejecución de las obras, se disponen cuchillos de enrejado como el de la *fig. 901*, donde la parte triangular *aod* tiene por objeto asegurar el cuchillo en la pared ó en la columna de sustentación, para lo que la pieza vertical *ad* sirve de sujeción y la *od* de apeo al cuchillo, como si el triángulo *oad* fuera una cartela. Se acude también á la forma curva, tanto en su contorno interior como en el exterior (*fig. 902*) y también á la poligonal indicada en la *fig. 903*. Alguna vez se disponen los cuchillos de manera que ellos mismos formen los apoyos de sustentación, tal como se indica en la *fig. 904*.

1043. ENTRAMADOS SIN CUCHILLO SOBRE VIGAS HORIZONTALES.—En ciertos casos, cuando la distancia entre los muros hastiales ó piñones no es muy grande, la armadura de una cubierta se establece sobre vigas horizontalmente colocadas de unos piñones á otros. Unas veces es una sola que va del vértice ó cumbre de una pared al de la otra sirviendo para afirmar en ella los cabrios y otras veces son dos ó más, *aa*, *a'*, *bb*, *b'* (*fig. 905*), en cuyo caso, descansando en los muros laterales *M*, *M*, y apoyando en dichas vigas se establecen los pares *P*, á distancias de 4 á 5 metros; y para evitar la flexión que estos pares producirían en las vigas *aa*, *a'*, *bb*, *b'*, se colocan los puentes *D*, *D* que enlazan las cabezas de aquéllas, completando la rigidez del sistema con las aspas en cruz que se ven en la figura.

La disposición indicada en la *fig. 905* presenta estas vigas en escalonado; pero como no tiene puentes que eviten su flexión, se aplica solamente á cubiertas de poco peso como las monteras de cristal para invernáculos ó patios.

1044. FALDONES.—Siempre que las cubiertas tienen vertientes triangulares ó faldones *F* (*figura 854*) además del cuchillo *xcx* se disponen semicuchillos en las diagonales *cd*, *cb*, que se denominan *de lima tesa* porque en ellos se forman éstas; y cuando la anchura de la cubierta es considerable, se coloca otro en medio *ac* del faldón con el objeto de sostener las correas que unen los semicuchillos de lima tesa y por lo tanto los cabrios de desigual longitud llamados *péndolas* que descansan sobre ellas. Si la luz de la armadura no pasa de las dimensiones ordinarias, las correas bastan para salvar la distancia entre los semicuchillos de lima tesa.

En los faldones oblícuos, cuando la oblicuidad no es muy pronunciada, se dispone el último cuchillo de la cubierta perpendicular á las paredes laterales y el semicuchillo de faldón en la prolongación del eje de la cubierta ó normalmente al muro testero; cuando el ángulo que forman las paredes se separa mucho del recto, el cuchillo se coloca paralelamente al muro testero *a'h'* según indica la línea *xcx*. En ambos casos, las longitudes *a'c ch* de los semicuchillos de lima tesa son desiguales.

Cuando los cuchillos tienen pendolón, uno solo proyectado en *c*, *c* sirve de punto de enlace de los se-

micuchillos de faldón y lima tesa con el último *xcx* ó *zcz*.

La armazón horizontal que enlaza estos cuchillos y está formada por los tirantes y semitirantes, se llama *enrallado* por su parecido á los radios de una rueda.

1045. ENLACE DE LOS CUCHILLOS, CONTRAVENTEAMIENTO.—Las cubiertas se hallan expuestas á la acción horizontal de los vientos que tienden á acostarlas hacia un lado, haciéndolas tomar la inclinación indicada en la *fig. 907*, habiendo ocasiones que las levantan si las armaduras no tienen la conveniente estabilidad. En las de poca importancia, es decir, cuando la luz de los cuchillos no pasa de 8 á 10 metros, basta para el objeto la seguridad que les prestan las correas y la hilera y también los cabrios; pero cuando la anchura alcanza grandes dimensiones, deben adoptarse otros medios además, para que los cuchillos se mantengan en su posición vertical, contrarrestando al efecto los esfuerzos que puedan tender á volcarlos, y evitando de este modo que con el movimiento trabajen los ensamblajes y pierdan su fuerza.

Los hastiales sujetan los cuchillos cuando la hilera y las correas se empotran bien en ellos, pudiendo contribuir también al objeto las *sotahileras*, que son unas piezas horizontales *pp' (fig. 908)* que unen los extremos inferiores de los pendolones *cp, c'p'*. Cuando los tirantes tienen mucha longitud, se colocan otras piezas paralelas á las anteriores llamadas *riostras* uniendo los pies de las péndolas de un cuchillo á las del inmediato.

1046. En armaduras cuyos extremos ó cabezas no descansan en paredes, es más necesario el contraventeamiento, especialmente si se apoyan en columnas ó muros de grandes aberturas por las que pueda penetrar el aire y levantar las cubiertas. En este caso, si el cuchillo de cabeza es el *acb* y el inmediato el *a'c'b'*, se emplean vientos *c'a c'b*, los cuales fijan de un modo invariable el punto *c'* del caballete si los extremos *a* y *b* están fuertemente asegurados. En las cubiertas terminadas por faldones, las limas tesas sirven á este objeto en unión del enrallado, y las correas constituyen una cintura indeformable. Sin embargo, cuando es considerable la luz de los cuchillos y los puntos de apoyo son delgados y altos, convienen los vientos. La hilera que forma el caballete *cc*, y va de unos cuchillos á otros enlazándolos, se apea por lo general con jabalcones *on, n'o'* apoyados en los pendolones, con lo que la triangulación que de este modo se establece, evita toda deformación en el sentido longitudinal de la cubierta, pues la hilera no puede correrse á lo largo, lo que sería preciso para que los cuchillos tuviesen movimiento.

Por medio de cruces de San Andrés, colocadas horizontalmente en sentido de las diagonales *ab'*, *a'b* ó en sentido vertical entre los puntos *p* y *c'*, *c* y *p'* se contraventean éstos perfectamente y se consolidan las armaduras, teniendo cuidado de que las aspas queden bien sujetas á las piezas que unen. Estas cruces se emplean algunas veces con la inclinación de las vertientes, desde la cumbre *c* á los pies *b', a'* del cuchillo inmediato en combinación de las *bc'* y *ac'* y también para enlazar las uniones de las correas y los pares, haciéndolas así invariables.

El contraventeamiento de las armaduras en que descansa la cubierta de un salón rectangular ó elíptico de grandes dimensiones ha de estudiarse con detenimiento para que sea perfecta la trabazón entre sus partes y que todas trabajen al mismo tiempo, pues generalmente por la gran extensión de estas techumbres, por su aislamiento y por su elevación sobre los demás edificios, están más expuestas que otras á la acción de los vientos.

1047. ARMADURAS PARA CUBIERTAS PIRAMIDALES Y CÓNICAS.—La cubierta más sencilla de esta clase, es de pabellón á cuatro aguas *(fig. 857)*, y para formarla se cruzan diagonalmente dos cuchillos *aob', boa', a'' o' b''*; y si las dimensiones del pabellón exigen otros intermedios para apoyar las correas, que si no resultan de mucha longitud, se establecen los cuchillos cruzados según las líneas *n'n', e'e'*, de la planta dibujada en la parte inferior y se enlazan á poca distancia de la cumbre con *cuadrales en* donde puedan apoyarse los semicuchillos de las esquinas. La cubierta de la *fig. 858* exije cuchillos solamente de *v* á *v* y de *s* á *s* sobre las cumbres de los muros apiñonados opuestos, pues la parte inferior triangular *sav*, *s'a'v'* de los faldones puede apoyarse en correas dispuestas sobre los rampantes *a's', a'v'*. En la *figura 859* habrá que colocar los cuchillos según las diagonales, los cuales formarán entonces las limas hoyas y servirán de apoyo á los cabrios que bajan de las hileras *ee, cc* establecidos de vértice á vértice de los muros apiñonados opuestos. En la cubierta de la *fig. 860* se colocarán dos cuchillos cruzados en dirección de las diagonales *aob* y otros

cuatro de menores dimensiones, cuya colocación será inclinada para formar las limas hoyas *aea, a'e' acb, a'c'*, y que apoyarán en correas dispuestas convenientemente entre los cuchillos anteriores.

1048. Las armaduras para cubiertas piramidales de más de cuatro caras ó vertientes, se componen ó de tantos semicuchillos como aristas ó limas tesas tiene la cubierta ó de dos cuchillos que se cruzan en ángulo recto *aa, bb, b'o'b' (fig. 909)* para formar las limas tesas *ao, bo,* en las cuales á cierta altura se ensamblan cuadrales *cd, c'd'*, colocados en situación horizontal para servir de apoyo á otros semicuchillos que descansan por su pie en los vértices de la base y han de formar las restantes limas tesas. Del mismo modo se disponen los cuchillos cuando la cubierta es cónica, con la diferencia de que los cuadrales son entonces curvos, según se indica en la planta ó enrallado dibujado á la derecha del anterior.

Cuando la altura de las cubiertas piramidales ó cónicas es más de 3 y $^1/_2$ veces la anchura de la base, es decir, cuando son chapiteles ó agujas, su armadura obedece al perfil de su sección vertical y se forma como detallaremos en su lugar correspondiente al tratar de la construcción de las armaduras. Las correas son rectas ó curvas, según es piramidal ó cónica la cubierta, formando polígonos ó círculos que enlazan los cuchillos.

En cubiertas de pequeñas dimensiones sobre planta circular ó poligonal, se suprimen los cuchillos, y la forma piramidal se hace con los mismos cabrios que concurren en el vértice, donde se ensamblan en un cilindro vertical de madera llamado *nabo* ó en un tambor cilíndrico ó prismático de hierro.

1049. ARMADURAS EN FORMA DE CÚPULA.—Por lo general, cuando el espacio que se ha de cubrir se destina á dar espectáculos, á contrataciones públicas ú otros objetos análogos, se adopta la planta circular ó poligonal, la elíptica ó la formada de un rectángulo con medios círculos en sus lados menores. La armadura de cubierta en estos casos, se compone de cuchillos verticales colocados en sentido de los radios en los espacios curvos y transversalmente en los rectangulares.

Las armaduras que han de formar una cúpula, se componen unas veces de dos cerchas ó cerchones que se cruzan en ángulo recto *aa, bb (fig. 910)*, como en los casos anteriores, con la diferencia de tener curvo su perfil y otras veces de una serie de semicerchones verticales que se unen por su cúspide en la pieza llamada nabo, que es hueca si se hace de hierro. Cuando en este punto ha de establecerse una linterna, pueden colocarse cuatro cerchones *mm, nn, pp, qq (fig. 911)* y partes de otros en los intermedios, apoyándolos en cuadrales como se ve en la figura y en el caso de las cubiertas cónicas. Se disponen también semicerchones verticales que descansan por su pie en un cerco ó solera circular *abab (fig. 910)*, y se apoyan por la parte superior en una corona ó anillo circular *b'a'b'a, b''b''* que sirve de asiento á la armadura de la linterna. Las correas son curvas y deben formar con los cerchones una red que haga solidarias todas las partes de la cubierta, pudiendo así considerarse como una serie de coronas ó círculos rígidos que enlazan todos los cerchones entre sí. De este modo no puede ceder la cubierta en el sentido exterior ni en el interior, sin ejercer sobre las correas una tracción ó una compresión, según que la deformación de la cercha vaya dirigida en un sentido ó en otro.

Los cuchillos de los espacios elípticos ó rectangulares terminados en hemiciclo, forman al exterior superficies piramidales en los extremos, las cuales se redondean haciendo curvas las correas cuando no son de grandes dimensiones y se dejan rectas cuando lo son.

1050. ENCUENTRO DE ARMADURAS.—En el cruce de dos cubiertas *(fig. 867)*, además de los cuchillos que corresponda colocar sobre las líneas *db,be,eh,hd,* hay necesidad de establecer otros dos de mayores dimensiones, según las diagonales *de, hb,* los cuales se cruzan en la vertical proyectada en *n*, formando en este punto un nudo que da origen á las limas hoyas *ne, nb, nd, nh.* Si el cruce es muy oblícuo *(fig. 868)*, resulta muy grande la distancia entre el nudo y los últimos cuchillos *dd', dd'', ee', ee''* y hay necesidad de colocar otros oblícuos en la situación *dh, he, eb, bd.*

Si el encuentro de dos cubiertas es como indica la *fig. 865*, la armadura del nudo necesita sólo los tres cuchillos ordinarios que se proyectan en *bh, hh', h'b'* y los dos diagonales *bnh', b'nh,* cuyas mitades *nh, nh'* han de formar las limas hoyas.

Cuando el encuentro de las cubiertas se verifica por sus extremos *(fig. 861)*, hacen falta solamente dos cuchillos ordinarios en *hd, hb* y uno diagonal *tch,* mitad de lima tesa *tc* y mitad de lima hoya *hc,* advirtiendo que si la luz de los cuchillos es consi-

derable, habrá que disponer semicuchillos, según indican las líneas *cz*, *cz* apoyados en los diagonales ó de ángulo para sostener las correas que de otro modo resultarían excesivamente largas.

1051. En el encuentro de dos cubiertas de distinta altura *(figs. 869 y 870)*, el caballete de la más baja termina en el nudillo *o* de la vertiente de la mayor y para formar las limas hoyas *oh* se dispone un cuchillo inclinado en la situación *hoh*.

El encuentro dibujado en las *figs. 871* y *872*, exige semicuchillos sobre las líneas *ee'*, *bb'*, *cc'* y cuchillos enteros en *ah*, *hr*, cuya colocación es recta ú oblícua, según es el encuentro de las cubiertas.

1052. ELECCIÓN DE CUCHILLOS.—Los diferentes sistemas de cuchillos que se han descrito hasta aquí, pueden obtenerse con madera, con hierro ó con ambos materiales combinados, y pueden sufrir modificaciones diversas, siendo aplicables en grandes y pequeñas luces con sólo variar las dimensiones transversales de las piezas que compongan la armadura. Por otro lado, los datos del problema, la forma del terreno, la disposición de los edificios inmediatos y la naturaleza del material que haya de emplearse, son condiciones que obligan á introducir modificaciones, algunas veces muy importantes, en los tipos presentados. Al disponer una armadura, se debe buscar en la combinación de sus diferentes piezas la mayor sencillez posible y la facilidad de armarla y desarmarla. Su forma ha de ser invariable para que sea sólida, prefiriendo para ello la combinación de triángulos, cuya figura es indeformable; y con objeto de que su construcción resulte económica, debe acomodarse á las maderas ó hierros comunes en la localidad, acudiendo sólo á dimensiones y formas especiales cuando sea inevitable. Se procura emplear lo menos posible el hierro colado por su fragilidad y aun el hierro forjado en la fragua por su carestía, acudiendo con preferencia á los hierros ó aceros laminados.

Por lo general, el medio más expedito para proyectar una armadura, consiste en estudiar la disposición de las piezas, y por comparación con otras análogas existentes asignar las dimensiones usuales más en relación con las maderas ó hierrros del comercio, y últimamente comprobar por el cálculo si el coeficiente de seguridad de la materia empleada no se ha excedido.

1053. Al componer un cuchillo curvo, lo primero que debe tenerse presente es que la forma de medio punto aparece pesada y aplanada, especialmente al exterior, además de que en la cúspide no tiene la suficiente inclinación para el escurrimiento de las aguas; por lo que se prefiere en estos casos la forma ojival.

La forma circular es muy conveniente cuando las piezas, por su posición horizontal ó inclinada, han de estar expuestas á doblarse, pues el material está entonces sometido á la compresión en vez de estarlo á la flexión. En el hierro especialmente, la resistencia está en la relación de 1 á 100 y en su empleo debe procurarse que la longitud sea de 10 á 15 veces su grueso.

La forma curva debe mantenerse siempre que se pueda por medio de tirantes que enlacen los extremos del arco.

1054. En todos casos debe tenerse presente que si se ponen muy distantes las correas, por ejemplo, su número es menor, pero los cabrios necesitarán mayor sección; si al contrario, se aproximan, aumentará su número, pero los cabrios serán más delgados, y si la distancia entre los cuchillos aumenta, las correas tendrán que ser más resistentes. De donde resulta que si se aumenta en una armadura el número de piezas, se disminuye su sección ó escuadría, y si se disminuye su número, se aumenta su sección ó escuadría. En este punto debe tenerse presente, cuando se emplea madera, que á igualdad de cubo es más barata la de reducidas dimensiones que las grandes piezas. En fin, la mayor economía resulta de tomar para distancia entre cuchillos la cuarta parte de la longitud del par y para la separación de las correas la tercera ó cuarta parte de aquella distancia. En la práctica se disponen los cuchillos á 3 ó 4 metros unos de otros cuando se emplea la madera y de 5 á 6 cuando son de hierro. La separación de las correas es de 2 á 3 metros, aunque en ciertos casos se llega hasta 4.

1055. Al estudiar sus ensamblajes debe tenerse muy en cuenta la subdivisión más conveniente de la obra en trozos para el transporte desde el taller al emplazamiento y para la facilidad del montaje. Las planchas de unión, las escuadras y otros medios auxiliares de sujeción, conviene que salgan del taller unidos definitivamente á la pieza que la disposición del ensamble aconseje. Esta unión se verifica generalmente por medio de roblones, que son más seguros de colocar en el taller, dejando los pernos para unir las piezas en la obra, los cuales tienen la ventaja de poder acercar y ajustar las piezas apretándolos con el atornillador.

ARTICULO III

Armaduras para cubiertas de una vertiente.

1056. ENTRAMADOS DE MADERA PARA CUBIERTA.—Estando á menos de 4 metros unas de otras las paredes de un edificio dividido en crujías, si los cabrios se disponen en sentido de la pendiente como los *ac*, *a'c'*, *cd*, *c'd'* de la *figura 875*, se les debe hacer los cortes convenientes para que encajen en las soleras *ss*, *s'*, las cuales se empotran en la parte superior de las paredes y sirven para que haya enlace en el entramado. Lo general es, sin embargo, que los cabrios descansen simplemente sobre las soleras fijándose en su sitio por medio de clavos.

Los cabrios se colocan de 30 á 50 c/m unos de otros dándoles una escuadría de 7 á 8 c/m cuando su longitud es menor de 3 metros y de 12 á 15 cuando llega á 4 metros.

Para estribar los cabrios en la cara superior horizontal de la solera de la pared más baja, se acostumbra despatillarlos por sus extremos inferiores, dándoles la forma de chaflan ó bisel para que asienten y puedan clavarse sobre ellas. También se hace á los cabrios un corte angular para que estriben contra la arista de dicha solera pudiendo excusarse los clavos.

La sujeción de los cabrios debe procurarse más sólida en la solera de la cumbre, pues que de ella depende principalmente que no puedan huir los cabrios ó resbalar hacia bajo empujando la pared inferior. Si en la pared superior concurren dos vertientes opuestas, pueden unirse los cabrios que se corresponden *C* y *C'* *(fig. 912)* por medio de pernos *N* que los atraviesan, y si su cabeza superior entra en una pared *(fig. 913)*, se sujetan algunos de ellos con llaves *L*, clavando todos además en soleras *S*, las cuales pueden estar adosadas y sujetas á la pared de la manera que se indicó para los suelos, según representan las *figs. 656* y *657*, con objeto de evitar que la madera se pudra por su empotramiento.

1057. Cuando las paredes divisorias de crujías, terminan con la pendiente de la cubierta y están separadas menos de 4 metros, puede hacerse el envigado con la madera atrojada (1032) de la manera que se indica en *bh'* *(fig. 876)* y si la distancia entre dichas paredes llega á 5 metros ó 6, se disponen correas *cc*, *c'* de unas á otras, dándoles la escuadría que exija su longitud y separándolas de 2 á 3 metros para encabriar ó sea colocar sobre ellas los cabrios. Teniendo correas de 25 á 30 c/m de escuadría pueden salvarse con mucha economía distancias de 7 á 8 metros, debiendo entonces apoyarse por sus extremos en sillares, si la fábrica de las paredes no es bastante sólida y haciendo que estas piedras tengan algún saliente ó vuelo, á fin de disminuir el tiro de las vigas y darles así más resistencia. Estos sillares afectan la forma de ménsulas y se labran según cierto perfil que dé buen aspecto á la otra.

1058. Las paredes donde asientan las soleras *(fig. 875)* ó donde apoyan las correas *(fig. 876)*, pueden aligerarse convirtiéndolas en arcos y hasta reduciéndolas á pilares de fábrica ó postes de madera; en cuyo caso, lo mismo las soleras que las correas deben tener la escuadría correspondiente al hueco que han de salvar, como las vigas maestras de un suelo.

1059. Las cubiertas de una vertiente se establecen algunas veces sobre postes en vez de la pared inferior, como se indicó al explicar la *fig. 847*, y entonces hay que evitar el empuje que los cabrios ejercen en ellos, lo mismo que cuando tienen poco espesor las paredes inferiores, con el empleo de tirantes que pueden disponerse como se indica de trazos en *ac* *(fig. 913)*, empotrándolos en la pared por su extremo *a* y asegurándolos por el otro *c* á los cabrios *bd* por medio de un perno, como se indica en la figura. De este modo, los tirantes transmiten á la pared *P* el empuje que en el punto *c* producen los cabrios *bd*, y para más seguridad se sujeta el tirante en la pared por medio de gatillos, como el indicado en *a*, que impidan pueda salir de su empotramiento.

1060. Siendo de 4 á 5 metros la anchura de la crujía que ha de cubrirse, se apoyan los cabrios por su medio en una correa *C* *(fig. 914)* que va de un testero á otro, la cual se sostiene á trechos por jabalcones *J*. La estabilidad exige en este caso que la extremidad superior *b* de los cabrios no pueda huir de la pared *P'* para que ni descienda la correa *C* ni sufra empuje la pared *P*.

1061. ENTRAMADOS DE HIERRO EN CUBIERTAS.—La cubierta que está entre dos paredes distantes menos de 4 metros, se puede componer de viguetas sección T sencilla ó doble ó de

⊏, cuya altura sea de 8 á 12 centímetros, y también de hierros angulares sencillos ó pareados que se cosen con roblones formando sección de T ó S *(fig. 915)* para aunar sus resistencias. Se colocan del mismo modo que los cabrios de madera, pero procurando con más esmero que en éstos que no puedan resbalar en sentido de la pendiente, á lo que se presta la naturaleza del metal y su pequeña base de apoyo. Para ello se retienen los extremos superior é inferior de algunos cabrios, si son de ⊤, clavándolos en soleras *S, S*, como indica la *figura 916*, y si son de I por medio de llaves embebidas en la fábrica de la pared en los extremos superiores *b* *(fig. 917)* y por pernos de cuatro cabezas en los inferiores, cuyos pernos enlazan dos á dos los cabrios y abrazan la fábrica intermedia que presenta así su volumen al empuje. Se pueden también apoyar los cabrios por su pie en hierros angulares *ans (figura 918)* tendidos á lo largo de las paredes, en los cuales se sujetan por medio de escuadras *es* colocadas por uno ó por ambos lados de los cabrios, fijándose el hierro angular en la fábrica de la pared por medio de pernos *N*, cuyo extremo inferior se abre en cola de pescado para impedir todo movimiento. Si han de volar fuera de la pared para resguardarla, como se ve en las *figs. 916* y *917*, habrá que cortarles el nervio vertical en el cruce con los hierros angulares *(fig. 919)* y según se indica en *(A)* cuando el cabrio es de sección ⊤, y también la cabeza inferior en caso de ser de sección de T doble. Sobre los cabrios se roblonan ó atornillan otros hierros angulares ó de ⊤ de 40 á 60 milímetros, colocados por filas horizontales separadas 35 centímetros ó lo que exijan las tejas cuando éstas son de encaje ó mecánicas.

Tratándose de cubiertas ligeras en las que los cabrios están más separados de lo ordinario, se enlazan de trecho en trecho por medio de riostras, las cuales pueden ser hierros angulares *as (fig. 920)* ensamblados en los costados de aquéllos por escuadras *E, E* que se fijan á los cabrios con roblones y sujetan á las riostras *acs* con pernetes. Si se emplean hierros de T sencilla, este entramado se forma uniendo las riostras unas veces en el costado de los cabrios, según se indica en la *fig. 149*, y otras veces sobreponiéndolas, variando su ensamble según estén colocadas las piezas y adoptando la disposición que aparece en la *fig. 921*, donde la cabeza de la riostra *C* descansa sobre la del cabrio, asegurándose en su posición por medio de roblones. Si los hierros ⊤ de las riostras se disponen descansando por su nervio en el cabrio, como indica la *figura 922*, pueden emplearse para su unión las escuadras *ecs* haciéndoles los cortes que en uno de sus brazos *es* exije la cabeza del cabrio *C*, dejando los otros de la longitud necesaria para recibir el alma de la riostra *B*. Las escuadras pueden emplearse sin corte alguno cuando, como en la *fig. 923*, una de las piezas *C* presenta su cara plana sin rebordes.

1062. Las cubiertas se disponen algunas veces lo mismo que los suelos rellenos, cuyo mayor peso exige la colocación de pares para recibir las correas, que hacen en este caso el oficio de vigas maestras y se ensamblan en el costado de aquéllos. Sobre las correas descansan los cabrios y entre éstos se establece un enrejado con pernos de cuatro cabezas para sostener el forjado de yeso del mismo modo que en los suelos; y para que la teja no resbale, se empotran en el relleno unos listones que se dejan salientes en situación horizontal, presentando así rebordes donde apoya la teja. Estos rebordes se hacen también con yeso formando alomados.

1063. ARMADURAS CON SEMICUCHILLOS DE MADERA.—Pasando de 5 metros la distancia entre las paredes que cierran la anchura de una edificación, no basta el entramado de cabrios y se establecen semicuchillos *(fig. 924)* á 3 ó 4 metros unos de otros, en los que hay que prevenir el empuje de los pares, haciendo que éstos estriben por un corte de espera en un tirante *et*, pudiendo ser apeado el par en su medio por un jabalcón *J*, en cuyo punto tiene su asiento la correa *E*. Para que ésta no resbale á lo largo del par se clava á él, y además se sostiene por un zoquete de madera llamado *ejión*, clavado igualmente al par. Los cabrios *bc*, llamados también *sobrepares* y *contrapares*, se clavan en la correa dicha y en la del alero *c* así como en la carrera que en *b* se halla sostenida contra la pared por medio de alcayatones, cuya punta empotrada se abre en cola de pescado. El ejión toma la forma indicada en *V (figura 925)*, cuando por una razón cualquiera hay necesidad de levantar la correa para ganar altura y si se quiere evitar que las correas se caigan de costado se adopta la disposición representada en la *figura 926*, dando al ejión un corte de espera *acb*, y si esto no es bastante haciéndole una espiga *ceb*, para que entre en una caja practicada en el par, asegurando además el ensamble con una clavija. Cuando la composición de la armadura y el cuidado que

⊏, cuya altura sea de 8 á 12 centímetros, y también de hierros angulares sencillos ó pareados que se cosen con roblones formando sección de T ó S *(fig. 915)* para aunar sus resistencias. Se colocan del mismo modo que los cabrios de madera, pero procurando con más esmero que en éstos que no puedan resbalar en sentido de la pendiente, á lo que se presta la naturaleza del metal y su pequeña base de apoyo. Para ello se retienen los extremos superior é inferior de algunos cabrios, si son de T, clavándolos en soleras *S,S,* como indica la *figura 916*, y si son de I por medio de llaves embebidas en la fábrica de la pared en los extremos superiores *b (fig. 917)* y por pernos de cuatro cabezas en los inferiores, cuyos pernos enlazan dos á dos los cabrios y abrazan la fábrica intermedia que presenta así su volumen al empuje. Se pueden también apoyar los cabrios por su pie en hierros angulares *ans (figura 918)* tendidos á lo largo de las paredes, en los cuales se sujetan por medio de escuadras *es* colocadas por uno ó por ambos lados de los cabrios, fijándose el hierro angular en la fábrica de la pared por medio de pernos *N*, cuyo extremo inferior se abre en cola de pescado para impedir todo movimiento. Si han de volar fuera de la pared para resguardarla, como se ve en las *figs. 916* y *917*, habrá que cortarles el nervio vertical en el cruce con los hierros angulares *(fig. 919)* y según se indica en *(A)* cuando el cabrio es de sección T, y también la cabeza inferior en caso de ser de sección de T doble. Sobre los cabrios se roblonan ó atornillan otros hierros angulares ó de T de 40 á 60 milímetros, colocados por filas horizontales separadas 35 centímetros ó lo que exijan las tejas cuando éstas son de encaje ó mecánicas.

Tratándose de cubiertas ligeras en las que los cabrios están más separados de lo ordinario, se enlazan de trecho en trecho por medio de riostras, las cuales pueden ser hierros angulares *as (fig. 920)* ensamblados en los costados de aquéllos por escuadras *E,E* que se fijan á los cabrios con roblones y sujetan á las riostras *acs* con pernetes. Si se emplean hierros de T sencilla, este entramado se forma uniendo las riostras unas veces en el costado de los cabrios, según se indica en la *fig. 149*, y otras veces sobreponiéndolas, variando su ensamble según estén colocadas las piezas y adoptando la disposición que aparece en la *fig. 921*, donde la cabeza de la riostra *C* descansa sobre la del cabrio, asegurándose en su posición por medio de roblones. Si los hierros T de las riostras se disponen descansando por su nervio en el cabrio, como indica la *figura 922*, pueden emplearse para su unión las escuadras *ecs* haciéndoles los cortes que en uno de sus brazos *es* exije la cabeza del cabrio *C*, dejando los otros de la longitud necesaria para recibir el alma de la riostra *B*. Las escuadras pueden emplearse sin corte alguno cuando, como en la *fig. 923*, una de las piezas *C* presenta su cara plana sin rebordes.

1062. Las cubiertas se disponen algunas veces lo mismo que los suelos rellenos, cuyo mayor peso exige la colocación de pares para recibir las correas, que hacen en este caso el oficio de vigas maestras y se ensamblan en el costado de aquéllos. Sobre las correas descansan los cabrios y entre éstos se establece un enrejado con pernos de cuatro cabezas para sostener el forjado de yeso del mismo modo que en los suelos; y para que la teja no resbale, se empotran en el relleno unos listones que se dejan salientes en situación horizontal, presentando así rebordes donde apoya la teja. Estos rebordes se hacen también con yeso formando alomados.

1063. ARMADURAS CON SEMICUCHILLOS DE MADERA.—Pasando de 5 metros la distancia entre las paredes que cierran la anchura de una edificación, no basta el entramado de cabrios y se establecen semicuchillos *(fig. 924)* á 3 ó 4 metros unos de otros, en los que hay que prevenir el empuje de los pares, haciendo que éstos estriben por un corte de espera en un tirante *et*, pudiendo ser apeado el par en su medio por un jabalcón *J*, en cuyo punto tiene su asiento la correa *E*. Para que ésta no resbale á lo largo del par se clava á él, y además se sostiene por un zoquete de madera llamado *ejión*, clavado igualmente al par. Los cabrios *bc*, llamados también *sobrepares* y *contrapares*, se clavan en la correa dicha y en la del alero *c* así como en la carrera que en *b* se halla sostenida contra la pared por medio de alcayatones, cuya punta empotrada se abre en cola de pescado. El ejión toma la forma indicada en *V (figura 925)*, cuando por una razón cualquiera hay necesidad de levantar la correa para ganar altura y si se quiere evitar que las correas se caigan de costado se adopta la disposición representada en la *figura 926*, dando al ejión un corte de espera *acb*, y si esto no es bastante haciéndole una espiga *ceb*, para que entre en una caja practicada en el par, asegurando además el ensamble con una clavija. Cuando la composición de la armadura y el cuidado que

debe tenerse al ejecutarla reclaman más solidez, cada correa se apoya *(fig. 927)* en un zoquete *Z* ensamblado lo mismo en el par *A* que en el cabrio *B* y apoyado además en un ejión *E* que se fija con clavos y hasta con un perno *P*.

Cuando por la mucha longitud de la cubierta hay que empalmar las correas, esta unión se verifica á media madera encima de los pares, como lo hacen las *C, C'*, asegurándose además la empalmadura por medio de pernos.

1064. En cubiertas de 6 á 7 metros de anchura puede apearse el par por dos jabalcones *ba,ne (figura 928)* sobre cuyos extremos superiores *a, e*, descansan dos correas para recibir los cabrios. El tirante puede formarse de dos piezas que abrazan los jabalcones y la extremidad superior del par, y como el grueso de éste es mayor que el de aquéllos se le hace una escopleadura en cada una de sus caras verticales para que por ella se apoye sobre los tirantes, sujetando esta unión como indica la figura. Estos semicuchillos descansan en pies derechos que además apean por medio de jabalcones proyectados en *J,J*, las correas de cumbre *C* y de alero *A*, de la misma manera que en la *fig. 428* está apeada la carrera *cc*.

En vez de ser los tirantes pareados pueden serlo los jabalcones, los cuales entonces abrazan el poste, el tirante y el par, sujetándose á ellos por medio de pernos. Los jabalcones pueden en este caso prolongarse más arriba de los pares, como indica la *fig. 929*, y servir de apoyo á las correas *C* excusándose los ejiones.

1065. La *fig. 930* representa un semicuchillo para anchuras de 8 á 9 metros, donde se forma de dos piezas el falso tirante *ab* y la mangueta ó gato *mn*, asegurándose las uniones con pernos. El par está apeado por los jabalcones *J, J*, impidiéndose además su flexión con el falso tirante, el cual se halla suspendido del par por la péndola *ep*. El resbalamiento del par y la huida del tirante, se evitan respectivamente con las llaves indicadas en los puntos *c* y *b*.

Aumentando la distancia entre las paredes ó apoyos y aún en los casos anteriores se aplican las disposiciones de los cuchillos de dos pendientes que hemos de describir, adoptando la mitad del cuchillo que el caso exija, para lo que se supone que está adosada á un muro ó mantenida en su posición contra un pie derecho que haga el oficio de pendolón.

1066. ARMADURAS CON SEMICUCHILLOS DE HIERRO.—Cuando se han de salvar anchuras de más de cinco metros con una sola vertiente, se colocan cuchillos como en la madera á 3 ó 4 metros unos de otros, debiendo entonces contrarrestarse el empuje de los pares *ab (fig. 931)* con el empleo de tirantes *et*.

Para distancias de unos 5 metros se utilizan en pares las viguetas de sección I de 16 $^c/_m$ de altura, las cuales se aseguran por su extremo superior en la pared, empleando gatos *L* que pasan al otro paramento donde se sujetan con llaves ó barras en cruz ó que se embeben en su fábrica, según indica la *fig. 917*. Por su pie se ensamblan los pares en escuadras *ecs (fig. 931)*, para lo que se cortan á aquéllos sus alas inferiores, fijándose las escuadras en la pared por medio de pernos *N*, cuyo extremo inferior se abre en cola de pescado para mayor seguridad. La pared, sin embargo, no presenta por lo general el suficiente espesor para resistir el empuje de la cubierta y se dispone el tirante *et* que es por lo general un hierro redondo de 15 á 20 $^m/_m$ de grueso, que empotrado por su extremo *t* en la pared sujeta por el otro *e* al par. El empotramiento del tirante, no siempre se efectúa haciéndole atravesar la pared *P* y colocando la llave *vv* en el paramento opuesto, como indica la figura, pues cuando los materiales de que se hace la pared tienen por su tamaño condiciones adecuadas para trabar ó hacer que la llave abrace una buena parte de la fábrica se queda la llave empotrada en el centro de la pared. Las correas *C*, son en el caso que examinamos, de sección I de 14 $^c/_m$ de altura y sobre ellas descansan los cabrios (que no aparecen en la figura para evitar confusión). Las correas se ensamblan en los costados de los pares empleando escuadras, como detalla la *fig. 932*, las cuales se roblonan á ellas en el taller y se fijan á los pares en la obra por medio de pernetes que sirven á la vez para sujetar las escuadras y correas correspondientes al otro lado del par. Si las correas enrasan por abajo ó por arriba con los pares, se hallarán en el caso de las piezas *B (figs. 150 y 151)* donde los pares están representados por su sección *aa*. Se emplean también para correas los hierros angulares ó de T, ensamblándolos en los costados de los pares como lo hace el *as* de la *fig. 920*, adoptándose en ciertos casos el medio indicado en la *fig. 74* para el acodalamiento de los suelos.

Las correas se colocan algunas veces de maner

que su nervio esté vertical según aparece en la *figura 933*, en cuyo caso las escuadras de ensamble se tienen que recortar algunas veces por una de sus esquinas para que no tropiecen con los brazos ó alas de los pares *A*.

El ensamble de las correas en los costados de los pares, da una gran rigidez y estabilidad al entramado que de esta manera se forma, no obstante lo cual se disponen sobre los pares como en la madera, cuando se atiende á la mayor sencillez. En este caso, las correas se aseguran en su posición para que no resbalen por medio de roblones *(fig. 921)* ó de pernetes *pn (fig. 934)* ó empleando ejiones de hierro, que son generalmente escuadras como las *es* indicadas en las *figs. 935* y *936*.

1067. Los cabrios pueden ser hierros de T sencilla de más ó menos sección según la distancia á que se colocan las correas, en las que se sujetan con tornillos para que no resbalen. Su colocación, cuando han de tener la cabeza en la disposición que se detalla en la *fig. 932*, exige para su buen asiento que se les haga el corte *abba*, lo cual disminuye su robustez, por lo que se emplean hierros de una sección superior á la que arroja el cálculo de resistencia. Encima de los cabrios pueden asegurarse con tornillos unos hierros angulares *A*, *A* de 25 á 30 $^m/_m$ colocados á la distancia que exija para su sujeción el revestimiento de tejas de la cubierta.

Cuando no se quieren debilitar los cabrios en el ensamble con las correas y ha de estar su nervio vertical en contacto con éstas, se emplean escuadras dispuestas como indican las *figs. 922* y *923*, suponiendo que la pieza *B* sea el cabrio y la *C* la correa. Si estos ensambles son muchos, pueden emplearse una especie de gatillos ó piezas especiales de hierro fundido *A (fig. 937)* que se colocan en la cabeza superior de la correa *C* antes de ensamblar sus extremos en los pares y sujetan el cabrio *B* por medio de un pernete.

1068. EMPLEO DE LA MADERA EN CORREAS Y CABRIOS SOBRE PARES DE HIERRO.—Aunque los pares sean de hierro se emplea muchas veces la madera para correas y cabrios, conservando aquéllos la separación de 3 y 4 metros si las correas pueden resistir. Éstas se sostienen en los costados de los pares por medio de escuadras *E*, *E (fig. 938)*, que se roblonan en éstos y reciben la madera asegurándola con pernos, lo cual se efectúa lo mismo cuando la pieza de madera solo tiene de altura el espacio comprendido entre las cabezas ó brazos del par, según se ve en la figura, que cuando es mayor como se indica de puntos. Las escuadras deben tener brazos desiguales siendo el mayor para la sujeción de la madera, á fin de alejar el perno de la punta de ésta para que no se raje. Se disponen por los dos lados de la correa si esta necesita gran estabilidad y resistencia.

Las correas de madera, cuando descansan encima de los pares *(fig. 939)*, se apoyan contra escuadras-ejiones *es*, cuyo largo abarque el ancho del par, las cuales se fijan con roblones á las cabezas de los pares, sujetándose las correas por medio de pernos *pn*. Estas escuadras conviene que sean de brazos desiguales á fin de que el perno con que se sujeta la correa no esté próximo á su cara inferior, lo cual pudiera rajar la madera destruyendo su resistencia.

La madera sirve otras veces de auxiliar adosándola á las correas de hierro, ya por los costados de éste *(fig. 940)*, ya sobre su cabeza *(fig. 941)*, fijándose en ambos casos por medio de pernos Los hierros angulares, cuando son de pequeña sección *(fig. 942)*, pueden disponerse de manera que sirvan de cantonera ó refuerzo á la esquina inferior *a* de la correa de madera, prestándole gran resistencia.

Cuando se emplean cabrios de madera sobre correas de hierro, pueden adoptarse varios medios para su sujeción. El más sencillo *(fig. 943)* consiste en hacer al cabrio una escopleadura *aa* en la que entre la cabeza ó parte superior de la correa *C*, para que de este modo no pueda separarse de ella dando seguridad á la unión por medio de tornillos *T* que atravesando el hierro penetren en la madera del cabrio. Se sujetan éstos también con una alcayata *A (fig. 944)*, cuyo codo agarre la cabeza de la correa *C* ó con una manezuela *mn*, que se clava por un extremo al cabrio y hace con el otro la misma sujeción que la alcayata. Esta manezuela se convierte otras veces en un hierro angular *ac* que se adapta al brazo ó cabeza de la correa y sujeta al cabrio por medio de un perno *po*.

1069. ENSAMBLE DEL TIRANTE EN EL PAR.—El extremo del tirante puede sujetarse directamente en el par, aplanándolo y uniéndolo á éste por un lado con un pasador ó perno: generalmente, sin embargo, se le da la forma ahorquillada para que abrace al par por ambos lados. La horquilla se puede formar de dos barras planas *B*, *B*, *B'*

(fig. 945) con agujeros en sus extremos, sujetando al par por medio del pasador ó perno *pp* y fijándose en el tirante con otro *ss*. El hueco que queda entre las barras y el alma *aa* del par, se salva ó llena interponiendo unas rodajas *rr* por uno y otro lado. La barra redonda *dn*, *d'n'* del tirante, se aplana y taladra por su extremidad *tn* para retenerlo entre las barras *B*, *B* por medio del perno *ss*, colocando, como en la unión del par, otras rodajas. Otras veces el tirante termina en horquilla *ara a'r'* *(fig. 946)* pudiendo sustituirse el perno de sujeción por cuñas de hierro que permiten estirar aquél, para lo que se disponen como se explicó para la *fig. 583*. En la *946* solo aparece una cuña fuerte *cc*, *c'* que atraviesa los brazos de la horquilla, el nervio del par que aquí es de sección T sencilla y las placas laterales entre las que descansá dicho nervio como luego veremos.

Algunas veces se dispone el tirante de manera que se pueda estirar ó templar una vez colocado, y esto se efectúa ó en cualquier parte central del mismo ó en sus extremos. En el primer caso, se emplea el ajustador *(fig. 101)* y en el segundo el representado en la *fig. 99*, uniendo las barras planas con él por medio del ojo *f* y un pasador ó perno que las atraviesa y haciéndose uso de estas piezas de la manera explicada en el párrafo 382. Se dispone también el ajustador de manera que por un lado presenta dos brazos *ab*, *ab* *(fig. 947)* para sujetarse en el par *P* por medio de un perno *np* que atraviesa dichas piezas y dos rodajas colocadas entre el par y los brazos y por el otro recibe el tirante *et* cuyo extremo está fileteado para estirarse con la tuerca indicada de *b* á *t*.

1070. ASIENTO DE LOS CUCHILLOS EN LAS PAREDES.—Como los pares de hierro presentan poca base en su sección transversal para que tengan por sí solos la conveniente estabilidad, necesitan más que los de madera que se les proporcione, como se ha observado al explicar la *figura 931*, donde se ve que descansan entre dos escuadras de hierro que les impiden ladearse en ningún sentido, mucho más con los pernos *N*.

Cuando no se quiere ó no conviene quitar á los pares el brazo inferior ó ala, hay que interponer contraplanchas *ab* *(fig 948)*, que tengan el suficiente grueso para enrasar con el saliente de dichas alas, según puede observarse en la sección que se supone dada por la línea *xx*. Esta figura corresponde á un cuchillo de escasa luz que descansa en paredes de pocoe spesor y las escuadras *es*, *e's'c'*, se roblonan en una placa de palastro grueso que se dobla á escuadra por sus lados *nd*, *n'd'*, para abrazar el muro por los dos paramentos opuestos. Si la armadura fuera de mayor luz, esta placa conmovería la pared con las contracciones y dilataciones de los cuchillos y no convendría emplearla.

El pie de los pares puede descansar sobre la pared por el intermedio de una zapata de fundición *(fig. 949)*, la cual tenga una cavidad donde entre aquél, quedando perfectamente estable en su posición, pues es como el molde ó hembra del par. La zapata que se asegura en la pared por medio de pernos cuyas cabezas pasan por los taladros *a*,*a*, sirve además para retener el tirante, á cuyo efecto la horquilla de éste se sujeta con un pasador ó perno atravesado en el taladro *T*. El tirante se fija otras veces en la zapata de un modo independiente del par como aparece en la *fig. 950*, entrando ajustado en una caja donde se asegura con dos cuñas *cc*, *c'*. Alguna vez la zapata tiene solo una placa vertical como representa en sección la *fig. 951* y á ella se adosa el par sujetándose perfectamente por medio de pernos cuyos taladros están indicados en el alzado de la figura. Cuando los pares han de avanzar ó volar fuera de la pared inferior de sustentación, las zapatas le dejan paso análogamente á lo que se hace con las escuadras de la *fig. 931*.

En todos estos casos, las zapatas deben obedecer libremente á las contracciones y dilataciones de los cuchillos, y para ello se hacen oblongos los taladros *A* *(fig. 946)*, donde entran los pernos de sujeción. De este modo, las zapatas pueden moverse en sentido de su eje permaneciendo fijos los pernos empotrados en la fábrica de la pared. La figura y proporción de estos taladros están indicados en el detalle *(A)*.

1071. MEDIOS DE AUMENTAR LA RESISTENCIA DE PARES Y TIRANTES.—Lo mismo que cuando se emplea madera, se apoyan los pares de hierro por su medio según se ve en la *fig. 952*, empleando para ello jabalcones *J* de la misma clase de hierros, los cuales reciben el par por el canto de su extremidad superior *a*, para cuyo efecto están cortados según pide la inclinación de la vertiente *nr*. Para la unión de estas dos piezas *(fig. 953)*, se cortan las alas inferiores del par en su junta con el jabalcón *J* y se colocan en ambos lados del ensamble unas planchas *bacd* recortadas de modo que abarquen las dos piezas, á las

que se fijan sólidamente por medio de pernetes ó de roblones. De esta unión cuelga una péndola *ap* (*fig. 952*), que sostiene al tirante *no* por medio de un hierro plano que se dobla, según se indica en *dp*, *d'p'd'* (*fig. 954*), para recibir el tirante *T* asegurándose los extremos á la péndola *P* con un pasador ó perno *nn*, á cuyo efecto se aplana y taladra el extremo inferior de la misma. El superior se suspende del par dándole la forma ahorquillada ó valiéndose de dos barras planas de un modo análogo al que se emplea en la unión del tirante con el par. El cuchillo de que nos ocupamos (*fig. 952*), se apoya en postes de madera, uno de ellos *P* perteneciente á una cubierta de mayor luz, y el otro *P'* adosado á un muro. En ambos postes se aseguran los extremos del par y del jabalcón por medio de escuadras indicadas en *n*, *r*, *o*.

1072. Algunas veces hay que aprovechar el tirante para establecer un cielo raso ó piso ó para sostener cargas á que no puede resistir el hierro redondo y entonces se emplean viguetas *aa* (*fig. 955*) que pueden estar apareadas y recibir el extremo inferior del jabalcón *J* y también el del par (aunque en la figura está dispuesto de otra manera pues apoya en un poste de hierro laminado) asegurándose la unión de estas piezas con pernos. Las viguetas del tirante, en el caso de la figura, se fijan con un perno en ambos lados del poste apoyando en escuadras *a* sujetas á él del mismo modo. La unión del par con el poste y con el jabalcón *J* exije que se corte en ambas piezas la parte de sus alas que estorbe para que los nervios ó almas se junten y puedan asegurarse con un pernete ó dos. Las correas *C*, *C* que enlazan estos semicuchillos, cuya distancia es de 3 á 4 metros, son tablones retenidos por sus extremos en los costados de los pares por medio de escuadras, como detalla la *fig. 938*, las cuales pueden venir del taller roblonadas en ellos y sujetarse después las correas en la obra por medio de un perno. Las escuadras, como se ha dicho anteriormente (1068), deben ser de brazos desiguales destinando el mayor á la sujeción de las correas con objeto de que éstas tengan los taladros separados de sus puntas. En el ejemplo que examinamos, las correas sobresalen del enrase de los pares por tener más altura que éstos, cuya diferencia debe ser la escuadría de la correa colocada en *p* encima de los postes.

1073. ENTRAMADOS DE HIERRO SOBRE CORREAS Ó VIGAS HORIZONTALES. —Del mismo modo que con la madera (1057) puede disponerse el entramado con viguetas horizonles cuando las paredes terminan con la pendiente de la cubierta, así como establecer correas para recibir los cabrios ó disponerlas á distancia de 1^{m}25 á 1^{m}50 unas de otras, en cuyo caso puede sentarse sobre ellas la tablazón para el revestimiento, suprimiendo los cabrios; pero entonces las correas de hierro han de llevar unida otra de madera, como se representa en las *figs. 938* á *942*, con objeto de poder clavar en ellas las tablas, cuyo grueso ha de ser de 22 á 25 milímetros. Este sistema se adopta muchas veces cuando el revestimiento de la cubierta ha de ser de cinc ó de palastro.

Las correas pueden ser vigas de gran resistencia y disponerse en ciertos casos entre muros testeros distantes más de 5 metros. En este caso, los entramados de la cubierta tienen mucha analogía con los de suelo sobre vigas maestras, que aquí son las correas. Se emplea este sistema cuando la pared de cumbre ó más elevada y la inferior ó de alero no inspiran confianza por su poco espesor para resistir el empuje de los pares ó si en vez de muros existen columnas ó postes para recibir los entramados de cubierta.

1074. El empleo del hierro facilita la ejecución de cubiertas sobre vigas horizontales (1043), las cuales se hacen de celosía ó enrejado de cruz ó de N. Los pares apoyan en el ala inferior de éstas, y si es necesario se refuerzan, así como las correas que van sobre ellos, empleando bielas *B* (*fig. 905*) ú otro medio, teniendo presentes para ello la longitud de las vigas y la carga que han de soportar.

1075. COLGADIZOS Ó MARQUESINAS DE MADERA.—Esta clase de cubiertas, cuando se hacen de madera, tienen poca salida por lo general, y su armadura, por lo tanto, es sencilla. Como no tienen apoyo por su parte inferior ó alero (a), hay que sostener esta parte sin que su apoyo sea un obstáculo al tránsito, ó colgarla de tirantes por la parte superior.

1076. En el primer caso (*fig. 956*) se disponen dos correas: una *b* adosada y sujeta á la pared con alcayatones para apoyar en ella la extremidad superior de los cabrios y otra *a* para recibir el pie de éstos, la cual está sostenida por armaduras trian-

(*a*) Los tejadillos que por este lado se apoyan en pies derechos ó columnas, toman el nombre de *pórticos*, *portales* ó *soportales*.

gulares *adc*, colocadas á 3 ó 4 metros unas de otras. Estos triángulos se componen de un puente *ad* empotrado por un extremo *d* en la pared y apeado por el otro *a* en un jabalcón *oc* que descansa sobre una ménsula *M* ó en una entrada que al efecto se deja en la pared. Tanto el puente como el jabalcón se pueden ensamblar en un postecillo adosado á la pared, según se indica de puntos entre *c* y *d*. Como los cabrios pudieran huir hacia abajo, se sujetan por su parte superior clavándolos á la carrera *b* y asegurando algunos de ellos á la pared por medio de gatillos *rs* que se fijan con clavos en el cabrio por uno de sus extremos y se empotran por el otro en la fábrica, abriéndolos al efecto en forma de cola de pescado. Los ensambles de unas piezas con otras se hacen á corte de espera ó barbilla con espiga asegurada con clavijas.

1077. Para colgar estas cubiertas se emplean tirantes de hierro *ct* *(fig. 957)* que se empotran por su extremo *t* en la pared, para lo cual se abren en dos garras y por el otro reciben las correas *c* atravesándolas y sujetándolas con tuercas, según demuestra el detalle (C) las cuales permiten atirantar bien las barras *ct* para que las correas resulten alineadas y horizontales. En algunas ocasiones se hace inversa la inclinación de la cubierta como indica la *fig. 958*, disponiendo una canal *A* en su encuentro con la pared, cuyo desagüe se facilita por tubos verticales adosados ó encajados en la misma. En ambas disposiciones la correa de la pared ó sea la carrera *A*, se sujeta con pernos ó alcayatones. La ligereza de estos abrigos exige que se fije su estabilidad contra la fuerza del viento que podría levantarlos, por medio de amarras ó sean tirantes *sc* dispuestos oblícuamente y en sentido contrario unos de otros.

Esta clase de cubiertas se hacen hoy generalmente con hierro, por prestarse perfectamente á no tener más sosten que el empotramiento en la pared.

1078. COLGADIZOS Ó MARQUESINAS DE HIERRO.—Para construir de hierro forjado en barras estas armaduras, se forman semicuchillos como el de la *fig. 959*, separados poco más de dos metros unos de otros y compuesto cada uno de un puente *ad*, empotrado su extremo *d* en la pared y sostenido el otro *a* por el par *ab*, el cual debe sujetarse fuertemente en la pared para que no ceda al esfuerzo de tensión que lo solicita. Esta sujeción se consigue con el empleo de gatillos con llave como se ve en la figura, los cuales se deben empotrar en la pared al construirla, dejando la colocación de los pares para después de terminada aquélla con objeto de que no sean un estorbo durante su construcción. El par *ab* se puede apear en su medio por un jabalcón *cd*, y tanto los ensambles *a* del par con el puente, como el *c* del jabalcón con aquél, se aseguran con pernos para que no se salgan: si los pares son de reducida escuadría se pueden reforzar atornillando á sus dos caras laterales unos hierros planos de 40 á 50 $^m/_m$ de anchura y 10 de grueso.

1079. El ensamble del par con el puente se puede efectuar abriéndose su extremo inferior en forma ahorquillada *(fig. 960)* y reteniéndole por medio de un pasador ó pernete *N*. Por su extremo superior tiene el par otra horquilla para sujetarse en un gatillo fijado en una llave empotrada en la pared y que presenta fuera una parte *(fig. 961)*. La horquilla se sustituye por dos barras planas *B, B* que por uno y otro lado reciben el par *P* y el gatillo *L*, asegurándose la unión por medio de pernetes.

Se disponen también pareadas las barras ó pares *(fig 962)* y entonces se fijan por pernetes á la extremidad saliente del gatillo, el cual, además de estar amarrado por la llave tiene unos dientes que aumentan su adherencia á la fábrica de la pared. El par puede tener suspendido por el otro extremo al puente, de la manera que representa la *fig 963*.

Las marquesinas presentan generalmente en su alero una guardamalleta ó festón que es una faja vertical de cierta altura y perfil recortado caprichosamente *ac*, *a'c'*, el cual oculta la canal á donde acuden las aguas de la cubierta y cuyo desagüe se lleva muchas veces á la pared por medio de un tubo, como se indica de puntos en la *fig. 957*.

1080. La armadura de estos colgadizos se reduce en muchos casos á fuertes cartelas de fundición ó de hierro laminado como las representadas en las *figs. 964* y *965*, las cuales se colocan á 2 ó 3 metros unas de otras. Estas cartelas se forman de hierros T unidos los extremos de unos á otros por medio de dobles planchas de emsamble recortadas con la figura conveniente, las cuales reciben en medio los nervios de dichos hierros roblonándose en el taller de donde sale armada la cartela. La de la segunda figura tiene por sus mayores dimensiones y como refuerzo á la vez que adorno, el círculo de su enjuta que enlaza los tres lados de la cartela y que se construye de barras planas del mismo ancho que las T que forman la cartela. Éstas se fijan en la obra empotrando en la pared los extremos

del par y del hierro curvo *ae* á cuyo efecto se doblan, retuercen y abren como se indica en la figura. El enlace de estas cartelas entre sí se verifica por medio de correas *C, C* de la misma clase de hierro que los pares, las cuales se ensamblan en los costados de los mismos y reciben encima los cabrios, que son ligeros hierros, pues su objeto es generalmente sostener un revestimiento de planchas de cinc ó palastro. En el alero terminan estas cubiertas en un hierro ⊏, como el de la *fig. 964*, ó de doble T como el de la *965*.

1081. Las marquesinas se arman cuando tienen mucha salida, sobre cuchillos ó vigas de celosía empotradas en la pared por uno de sus extremos. La representada en la *fig. 966*, tiene sus cabezas *dc, aa*, formadas con hierros angulares pareados que comprenden entre sus brazos un enrejado N hecho con barras planas en los $^2/_3$ de su longitud *daee* y una plancha de palastro en el resto *eeac*, presentando en toda la viga una sección de doble T. El empotramiento se asegura en la pared con fuertes gatillos *Ld* que deben atravesar todo su espesor reteniéndose en el paramento opuesto contra fuertes planchas que cojan alguna extensión y si el muro es grueso empotrando en él las llaves *pp*. También con el fin de aliviar estas vigas de su propio peso, se apoyan en parte de su vuelo en una cartela *rst* que descansa en una ménsula de piedra ó hierro sujetada en la pared con un fuerte perno *P* adentellado. La cartela se construye con hierros de la misma sección y medida que los de la viga formando sus vértices *s, r, t*, por medio de planchas de ensamble que los refuerzan, cuya rigidez se completa con las barras *sn* roblonadas en ambas caras de la plancha dispuesta en *s* y de la colocada en *n*. Las correas *C, C* son hierros T que se fijan por medio de escuadras en las cantoneras que constituyen la cabeza superior de la viga y en ellas se aseguran los cabrios que son hierros también de T por medio de manecillas, como las *mn* representadas en la *fig. 951*. Las cantoneras *aa* de la cabeza inferior de la viga *(fig. 966)*, se prolongan en la parte *aa'* para que descanse sobre ellas la canal de madera, la cual además se fija en el extremo de la viga por medio de escuadras roblonadas á ésta por uno de sus brazos y atornillada por el otro á la pared vertical de la canal. Ésta se adorna con un festón, como en el caso de la *fig. 963*.

1082. Las marquesinas de hierro con pendiente contraria ó sea hacia la pared, se emplean algunas veces como defensa junto á otras cubiertas más importantes *(fig. 967)* sirviendo entonces las columnas *C* para tubos de bajada de las aguas pluviales. Los pares *ab* de sección T están aquí apeados por otros hierros encorvados *cd* de la misma clase T y unidos á otros verticales *ac* por los cuales se sujeta esta cartela triangular á la viga *acef* indicada en sección, la cual descansa sobre las columnas que sirven de sosten á la marquesina y á la cubierta de mayores dimensiones que no indicamos en la derecha de la figura por no complicar el dibujo. El triángulo *cad* de la cartela se hace indeformable con la sujeción que en los vértices le proporcionan las planchas de ensamble que por uno y otro lado se roblonan á los nervios de los hierros T del cuchillo. El palastro ondulado que sirve de revestimiento á esta cubierta, se roblona por su borde inferior á un hierro angular abierto *n* que se fija en el costado de la canal *A* y por el superior á la cabeza de otro hierro *b*, sección I, que une los extremos superiores de los pares y se oculta con un festón de palastro *hg*, el cual se sujeta al ondulado por medio de escuadras *h* y al hierro *b* por un hierro angular cerrado que se coloca en *K*.

ARTÍCULO IV

Cubiertas á dos aguas sobre bóvedas ó cuchillos rectos de madera.

1083. CUBIERTAS SOBRE BÓVEDAS.— Cuando una bóveda ha de formar el techo de un edificio, se dispone su trasdós, según dos planos inclinados *ac, cb (fig. 527)* ó según superficies curvas con pendiente bastante para despedir las aguas pluviales y las nieves. Las dovelas no llegan por lo general á formar dichos planos, pues las bóvedas se hacen de un espesor igual ó poco más en los arranques que en la clave, y entonces se rellena el espacio entre su trasdós y las vertientes con fábrica de menos importancia ó con alcatifa. Más conveniente es, sin embargo, aligerar á las bóvedas de este peso porque produce un empuje innecesario en las paredes ó estribos, y se establecen sobre ellas tabiques verticales *aec, enr (fig. 968)* que terminan con la pendiente *rc* salvando la distancia de unos á otros con bovedillas formadas de dos ó más ladrillos, como los de los suelos. En el caso de haber espacio bastante entre la clave *o* de la bóveda *(fig. 969)* y la cumbre *c* de la cubierta, se esta-

blece á lo largo del cañón una galería central A y transversalmente tabiques como los anteriores, sirviendo para practicar los registros ó reconocimientos que exigen las reparaciones de la bóveda y de la cubierta.

1084. En ciertos casos, la cubierta se forma con arcos de fábrica A, A' *(fig. 970)* construidos de trecho en trecho, uniendo los vértices de cada dos con arcos adintelados ó muy rebajados D, D' y estableciendo losas *or* para cubrir el resto del espacio. Este medio es raras veces factible por la falta de losas de las dimensiones que se necesitan, y se sustituyen por bóvedas tabicadas en bajada con la inclinación conveniente y de poca flecha, que se voltean de unos arcos á otros.

1085. Sobre el trasdós en pendiente de estos arcos se colocan otras veces unas correas C *(figura 971)* en los costados y una parhilera V en las cumbres, poniéndolas á distancias de 2 á 3 metros para recibir los cabrios *av* que tienen de 8 á 11 centímetros de escuadría. Los arcos pueden disponerse á la distancia que consienta la resistencia de estas correas, como se ha dicho para cubiertas de una vertiente, y del mismo modo pueden disponerse sobre muros hastiales que terminan con dos pendientes *(fig. 972)*.

1086. Teniendo la cubierta la forma quebrada ó quebrantada de la *fig. 973* que salva una luz de 4 á 5 metros, se da á los muros hastiales ó piñones la misma figura *dbcbd* de la cubierta, colocando de uno á otro la parhilera situada en c y las correas de arista ó *quebranto* de los puntos b, b, las cuales no necesitan tanta escuadría como la de la cumbre, porque si bien en ellas descansan los cabrios *bc* de la parte superior, en cambio están apoyadas en los *db* que se colocan á distancia de 40 á 50 $^c/_m$ dando á unos y otros una escuadría de 7 á 12 $^c/_m$. Éstos ensamblan por su pie d en una solera tendida sobre la coronación de los muros ó paredes, la cual conviene encepar, si es posible, con las cabezas de los maderos de suelo, como lo hace la pieza C con la B en la *fig. 169*. El desván que forma esta cubierta puede utilizarse para vivienda estableciendo un cielo raso con maderos de techo A, A *(fig. 973)* ensamblados por sus extremos en puentes *bb* colocados de trecho en trecho. En los costados pueden levantarse unos tabiques, según las líneas *be*, ó revestirse con tablas ú otro tabique inclinado la cara interior de las piezas *bd*. Si la distancia entre los muros hastiales pasa de 4 metros, conviene disponer jabalcones, como los *jn* indicados de puntos, que se cruzan abrazando entre ellos el puente ó falso tirante *bb* al que se sujetan, así como á los cabrios *bd* y *bc*, por medio de pernos.

1087. La colocación al tope de los cabrios que se corresponden pertenecientes á dos vertientes opuestas, cuando se verifica como indica la *figura 877*, es poco estable, por ser muy fácil que huyan uno ú otro con los movimientos que producen en la madera las variaciones atmosféricas, y se deben disponer de la manera que lo hacen los de la *figura 912*, ó mejor ensamblándolos á media madera *(fig. 171)* ó con horquilla ó almohadón *(fig. 974)*, asegurándose, además, con pasadores ó pernos que atraviesan los taladros a, a. La hilera que forma el lomo de la cubierta enlazando estos ensambles se apoya sobre ellos, según se ve en la *fig. 975*. Los cabrios se disponen otras veces en forma de tijera *(fig. 976)*, y entonces la hilera H debe tener unas escopleaduras para encajarla en los cabrios A, A, sirviéndoles de cepo con objeto de que no puedan separarse de ella. También los cabrios se ensamblan á caja y espiga con un corte de barbilla en los costados de la hilera *(fig. 977)*.

1088. Cuando se trata de una shed apoyada en pies derechos no muy distantes, que es un caso muy común, la disposición más sencilla para cubrir el espacio es la representada en la *fig. 978*. Los cabrios A, que se separan de 50 á 80 centímetros, se apoyan por su pie en la carrera C que va sobre los postes P y por su cabeza en una hilera H sostenida por los montantes ó cabrios B de la vertiente opuesta, los cuales están colocados á mayor distancia que los otros (unos 2 metros) y apoyan por su pie en las carreras C. Éstas se enlazan por medio de tirantes T para que haya estabilidad en los postes y para que se conserve invariable la separación entre ellos, á cuyo efecto se ponen tensos por medio de las tuercas que tienen en sus extremos fileteados después de haber atravesado las carreras. Si los tirantes son de madera, pueden entrar sus extremos en una horquilla abierta en la cabeza de los pies derechos asegurando la unión con pernos y apoyar sobre este ensamble las carreras.

1089. Los cabrios de las dos vertientes pueden ensamblarse por sus cabezas á media madera *(figura 171)*, asegurándose la unión con clavijas ó por un corte de espera y espiga a *(fig. 979)*. La hilera H se coloca en ambos casos sobre el ensamble y se fija en su posición por medio de ejiones E.

1090. CUCHILLOS DE PAR Y TIRANTE. —En construcciones esmeradas, el entramado de cabrios y correas se establece sobre cuchillos (1033) colocados á 3 ó 4 metros lo menos unos de otros. Pueden salvarse distancias hasta de 5 metros formándolos de dos pares *P,P (fig. 980)* estribados en un tirante *T*. Los pares se juntan simplemente al tope, como indica la figura, ó de alguna de las maneras explicadas antes para las *figs. 975* á *977*. Por su parte inferior descansan en el tirante por cortes de espera con espiga ó sin ella, como detallan las *figs. 174, 177* y *178*, asegurándose la ensambladura con un pasador *pr (fig. 980)* ó con una abrazadera *ab*, la cual debe encajarse por arriba y por abajo en escopleaduras practicadas en el par y en el tirante respectivamente, según detalla la *fig. 981*, para que los pares *P* no puedan resbalar y salir de su sitio, especialmente cuando la inclinación es muy débil. También se evita este riesgo reforzándose el extremo del tirante *T (figura 982)* con una pieza supletoria *S* que se sujeta por medio de pernos y sirve de estribo al pie del par *P*.

Los tirantes de los cuchillos se enlazan entre sí por medio de soleras *S (fig. 980)*, que sirven, además, para recibir los pies de los cabrios *C* y sujetarlos en ellas con clavos. Los tirantes descansan simplemente sobre las paredes ó se empotran en ellas, como en la figura, aunque lo más conveniente es sentarlos sobre soleras tendidas á lo largo de las paredes para repartir en mayor superficie el peso del cuchillo.

Los cabrios alcanzan generalmente en estas armaduras desde la solera *S* á la hilera *H* y á estas dos piezas se clavan por sus extremos; pero si por tener mucha pendiente la cubierta resultan muy largos ó si se les quiere dar más resistencia, se dispone un apoyo intermedio colocando una correa en el medio del par, según se indica de puntos en la figura.

1091. Los cuchillos quebrados ó á la Mansard, para luces de 4 á 6 metros, constan de uno llamado de falsa armadura formado de pares *P* y tirantes *T (fig 983)*, cuyo cuchillo se sostiene por tornapuntas *D* que apoyan en el tirante *M*, el cual es generalmente un madero de suelo. Los cabrios *C* de la falsa armadura se clavan por su pie en una correa de quebranto *Q* que separa las dos vertientes y á ella se clavan también los cabrios *C'* que por su pie descansan en la solera *S* tendida á lo largo de la coronación de las paredes y que enlaza las piezas *M*. Si en esta parte no ha de establecerse canal para recoger las aguas de lluvia, se ponen las piezas *B* para despedirlas fuera de la cornisa. En la correa de quebranto se clava generalmente un listón redondeado forrado con una hoja metálica que se hace colgante por su borde inferior y cuyo objeto es preservar de la lluvia la junta de los cabrios con la correa. La ensambladura del puente ó falso tirante *T* con la tornapunta *D*, se refuerza generalmente con una banda de hierro en ángulo para contrarrestar la tendencia de estas piezas á separarse.

1092. Los cuchillos de vertientes desiguales se arman con dos pares *A, B (fig. 984)*, que se unen en su punto de encuentro por una ensambladura de horquilla asegurada con una clavija y cuyos pies pueden estribar en un tirante como los cuchillos ordinarios ó en unos alveolos de fundición *V, V*, que sirven de capitel á las columnas *P, P;* en cuyo caso se contrarresta el empuje ejercido por los pares disponiendo dobles tirantes *T* para abrazar los pies de aquéllos á los que sujeta además por medio de pasadores ó pernos que atraviesan de uno á otro lado los alveolos. Las correas se sostienen por ejiones *E* clavados en los pares, y los cabrios se fijan como en los demás casos en la hilera *H* y en las correas *C*, descansando por su pie en unos listones sentados á lo largo de rebordes que tienen en su costado las canales *D*. Éstas son de hierro fundido y van de unas columnas á otras sirviendo á la vez que para recoger las aguas de la cubierta, para enlazar las columnas que distan 4 metros y evitar que pierdan su aplomo.

1093. CUCHILLOS DE PAR Y PENDOLÓN.—Cuando el tirante se sostiene en su medio por un pendolón *P, P' (fig. 985)*, en éste se ensamblan los pares por un corte de espera detallado en la *fig. 986*, de modo que lo comprimen como una cuña, evitándose que puedan huir lateralmente por medio de una espiga la cual coge por lo general la mitad de la altura del ensamble, según representa la *fig. 987*, en la que el corte de espera varía en algo de la anterior y se asegura con una clavija.

La hilera descansa algunas veces sobre la cabeza del pendolón haciéndole una espiga *E* que entra en su correspondiente caja abierta en la hilera ó cortándolo en forma de horquilla *(fig. 988)*, donde encaja la hilera; en cuyo caso ésta tiene que ser un tablón. Puede ejecutarse según se representa en la

fig 989, cuando sobre el pendolón cae el empalme de dos trozos de hilera *H, H'*: la cabeza del pendolón se labra entonces en forma de cola de milano con dos cajas laterales *O, O,* y cada extremo de la hilera lleva una espiga que ensambla fácilmente en estas cajas. El ensamble se consolida con bandas de hierro sujetas con pernos. Se adopta también la disposición indicada en la *fig. 990,* en la que el pendolón lleva una espiga *E* que abraza los extremos *H, H'* de la hilera cortados al tercio de madera.

Del pendolón cuelga el tirante, sea por medio de un estribo de hierro que puede hacerse como aparece en la *fig. 201 ó 203,* sea empleando dobles cepos *ec, ec (fig. 991),* los cuales reciben el pendolón *P* y el tirante *T* sujetándose la unión por cuñas *S, S,* ó con pernos.

La hilera se apea generalmente, para darle más resistencia, por jabalcones *J, J (fig. 985),* que estriban en el pendolón *P, P'* haciéndoles un corte de espera con espiga indicada en *a* ó sin ella y reciben la hilera *H, H'* por otro corte igual. Algunas veces los jabalcones sostienen la hilera por el intermedio de sopandas como la de la *fig. 429.*

La unión de los pares con el pendolón, de éste con la hilera ó de todas estas piezas entre sí pueden reforzarse con una banda de hierro de figura apropiada con tantos brazos como piezas une, según indica la *fig. 992.*

1094. CUCHILLOS SIN TIRANTE PARA PEQUEÑAS LUCES.—Conviene en ciertas ocasiones suprimir el tirante porque es un estorbo para aprovechar el espacio cubierto y entonces debe procurarse anular ó debilitar el empuje de los pares en los muros.

Para conseguir este objeto, puede emplearse una escuadra de hierro ó de madera *aea (fig. 993),* sujeta á los pares por medio de pernos ó disponer dos piezas cruzadas *ab, cd (fig. 994),* ensambladas entre sí á media madera y sujetas además con pernos por sus extremos *d, b.* Con estos dos procedimientos se evita que se abra el ángulo que forman los pares en su unión y se debilita mucho la tendencia que sus pies tienen á separarse y por lo tanto á empujar los muros.

1095. En la *fig. 995* se representa una disposición muy empleada para utilizar como granero el espacio comprendido por los cuchillos cuando las vertientes son bastante pronunciadas y los cabrios resultan muy largos exigiendo la colocación de una correa. Los pares en este caso se unen entre sí por un puente *aa* y se apean por jabalcones *ed* que se hacen descansar en los maderos de suelo del piso inmediatamente inferior *ds;* para destruir el empuje de los pares en los muros se sujetan á los jabalcones por gatos ó manguetas *mn* que abrazan á estos y reciben del mismo modo el pie de los pares, formando así una triangulación *dmbe* indeformable.

1096. CUCHILLOS CON UN APOYO INTERMEDIO EN CADA PAR.—En luces mayores de 6 metros, la longitud ordinariamente usada en cabrios no alcanza desde el muro al caballete y mucho menos si la inclinación de la cubierta es fuerte; y no conviniendo emplear cabrios de mayor longitud porque exigirían escuadrías incompatibles con la economía y cargarían sobre los cuchillos con un peso inútil, se hacen de dos piezas ó más apoyando sus empalmes en correas y dando á los pares los puntos de apoyo convenientes para que no cedan al esfuerzo de flexión.

1097. En el cuchillo de 6 metros de luz que ofrece la *fig. 996* se obtiene un punto intermedio de apoyo con jabalcones *ac* cuyo ensamble con el par se verifica á caja y espiga cuando es normal ó poco menos y á barbilla con espiga si lo coje muy oblicuamente. Las correas, que tienen $3^{m}70$ de longitud, en vez de apoyar sobre los pares por medio de ejiones se ensamblan en sus costados, pero como esto debilita los pares, no debe acudirse á este medio sin reforzar la unión. En este ejemplo, con objeto de que los cuchillos se unan á los postes entre los cuales hay establecidas persianas, se emplean cartelas de hierro *M* que por sus lados se fijan al tirante con un perno y por otro al poste. La parte central de esta cubierta está levantada formando una linterna cuyo objeto es dar luz y ventilación al interior. Para ello el pendolón se prolonga por su parte superior á fin de sostener la hilera á cierta altura sobre el encuentro de los pares, y sobre las correas *c* se establecen los montantes verticales entre los cuales se colocan persianas ó vidrieras.

1098. Cuando el apoyo intermedio que se da á los pares es un puente *aa (fig. 997),* generalmente se forma de dos piezas como en este ejemplo, las cuales abrazan al pendolón *pc* y á los pares, y se aseguran en los tres puntos de enlace por medio de pernos, evitando los de los extremos *a, a* que los pares se doblen con el peso de la cubierta. Estos cuchillos poligonales salvan una distancia de $6^{m}40$

y están dispuestos á 4m50 unos de otros, para lo que se apea la hilera con jabalcones, como en la *figura 985*.

La disposición de apoyar los pares en puentes de que nos ocupamos, se presta más que la de jabalcones á utilizar el espacio comprendido por la armadura de cubierta según hemos visto en la *figura 995*, aplicada á espacios reducidos. En el cuchillo poligonal de la *fig. 998*, dispuesto para una luz de 7m30, los pares se apoyan por su pie en postecillos *cb* adosados á las paredes y están apeados por jabalcones *ba* además del puente *aa*, el cual se forma de dos tablones que se sujetan con pernos á los pares sirviéndoles de falso tirante para que no se doblen. Los postecillos se apoyan en ménsulas *M* de piedra que pueden suprimirse empotrándolos en la pared. Estos cuchillos están colocados á 4m50 de distancia unos de otros y entre ellos hay establecido un techo *caac* que parte de las cornisas ó molduras de madera indicadas en *c* y se ciñe á la parte baja de los pares y á los puentes *aa*. Contribuye á mejorar el aspecto interior de este techo, la regularidad del perfil que presentan los cuchillos y el achaflanamiento de las aristas de sus diferentes piezas.

1099. En el cuchillo de la *fig. 999*, cuyo contorno interior poligonal puede adaptarse á un medio punto, se refuerza el ángulo formado entre el puente *aa* y los jabalcones *ab* por medio de otros *nn*, que así como los anteriores son encepados por el puente que es doble y se sujetan á él por pernos. Los jabalcones *ab* son también encepados en el medio de su longitud por los gatos *sd* que están retenidos por la solera *s* y ensamblados en la *d*. Las correas *C, C*, están ensambladas por sus extremos en los costados de los pares enrasando con ellos por su canto superior, y la hilera descansa sobre el pendolón ensamblándose en él á caja y espiga.

1100. La shed representada en la *fig. 1000* tiene 7m80 de luz y está formada como un cuchillo ordinario *cba* de par y pendolón con jabalcones que apean el centro de cada uno de aquéllos. Se prolonga una de las vertientes con un par suplementario *bd* para recibir el que forma la vertiente fuerte *ce*. El tirante *ca*, que es pareado, abraza los pies de los pares *bc, ab*, así como el del pendolón *fn*, que además queda sujeto por un estribo de hierro en *n*, asegurándose las demás uniones con pernos. En la parte superior de esta cubierta se ha dispuesto una linterna *bfed*, cuya cubierta se sostiene prolongando el pendolón y el par *ev* de la vertiente rápida, en la que además de la vidriera que cierra la parte *vd* hay una persiana *ed* para regular la salida del aire caliente ó viciado, al cual empuja el que entra por la parte opuesta *fb*. En esta armadura las piezas *ef* son pareadas para abrazar el pendolón *fn* y el par *ev*, sujetándolas con pernos, y también lo son las correas situadas en *b* que van de unos cuchillos á otros salvando la distancia de 5 metros que hay entre ellos, las cuales están reforzadas con jabalcones *J* para que no puedan doblarse bajo el peso de la cubierta que carga en aquella extensión.

1101. Para evitar el empuje de los pares en obras de poca importancia, adóptase la disposición de tijera *(fig. 1001)*. Las aspas *ab, cd* se cruzan al tope y se ensamblan á media madera con los pares *ah, hc*, sujetándose estas uniones por medio de pernos. Las correas descansan en los extremos de las aspas sin necesidad de ejiones.

El encuentro inferior de las aspas y pares se asegura con una llave ó cuña, como se ve en *v* alojada en escopleaduras practicadas en ambas piezas consolidándose esta unión con abrazaderas. Generalmente se refuerza esta disposición con manguetas *mn* normales á los pares, á los cuales abrazan, así como á las aspas en el punto más conveniente para evitar la flexión y asegurar la invariabilidad de los triágulos *ado, cob*. El ensamble de las manguetas se efectúa unas veces al tope, como se detalla en la *fig. 1002*, y otras haciéndoles pequeñas escopleaduras donde encajan las aspas y los pares *(fig. 1003)*, asegurándose en ambos casos por medio de pernos.

1102. CUCHILLOS CON DOS APOYOS INTERMEDIOS EN CADA PAR.—La disposición que representa la *fig. 1004* proporciona una gran solidez, pues forma una viga armada de enrejado N. En cada cuchillo se enlaza el tirante con los pares, no solo por medio del pendolón sino también por péndolas *P*, cuyas piezas se sujetan con bandas de hierro en la parte superior y con estribos en la inferior, evitándose todo movimiento por los jabalcones *J*, que completan la triangulación del sistema haciéndolo indeformable.

La *fig. 1005* indica otro cuchillo con dos apoyos en cada par para salvar una anchura de 10m40, y en él cada correa se halla sostenida por un jabalcón, estando éstos apeados unos en el pendolón y otros en los postes, sobre que insisten los cuchillos,

los cuales están colocados á 4 metros unos de otros. El tirante tiene que ser de dos trozos por su mucha longitud, y su empalme á rayo de Júpiter debe asegurarse con abrazaderas ó pernos y colgarse del pendolón por medio de un estribo de hierro. Los jabalcones *ab* que apoyan en los postes, se disponen pareados con objeto de abrazarlos, así como al tirante *T* y á los pares sujetándose las uniones con pernos. Lo mismo la hilera *H* que las carreras de alero *A*, se apean por jabalcones que les prestan fuerza para resistir el peso de los cabrios que van clavados en ellas y en las correas en el intermedio de unos cuchillos á otros.

Adoptando este sistema de cuchillos pueden disponerse péndolas dobles á modo de manguetas, según se indica de puntos en *P*, constituyendo el cuchillo una viga armada que permite cargar el tirante con pesos de consideración.

Los jabalcones inferiores se hacen también sencillos, componiéndolos de dos piezas *J*, *J'* (*figura 1006*) que se ensamblan á barbilla y espiga con las piezas que se encuentran, sujetándose además con clavijas. El pie de estos jabalcones, cuando estriban en postes, se procura que no estén á la misma altura que los *N*, destinados á sostener la carrera ó correa de alero que va de unos postes á otros, pues debilitarían á éstos.

1103. La disposición de la *fig. 1007*, aplicable lo mismo para mucha que para poca pendiente, tiene 9 metros de luz ofreciendo los dos puntos de apoyo en las extremidades del puente *aa* y en jabalcones *bc* que transmiten la carga al muro donde están empotrados por su pie. El puente *aa* y el tirante *dd* están formados de tablones pareados que abrazan á las demás piezas asegurándose las uniones por medio de pernos.

El tirante *dd* se sostiene, si es necesario, del pendolón *pn* prolongando éste por su parte inferior ó disponiendo una péndola de hierro. El jabalcón en muchos casos se quiebra en su encuentro con el tirante, adoptándose la disposición de la *figura 1008*, en donde la parte superior del jabalcón es un virotillo: pero no tiene tanta eficacia como las anteriores para proporcionar un apoyo á la parte inferior de los pares. Se emplea sin embargo en muchos casos, en algunos de los cuales contribuye á la ornamentación, como se ve en la *fig. 1009*, donde la parte inferior del jabalcón que aquí es tornapunta, se oculta figurando un pedestal y el virotillo tiene la forma de una columnita que apea el par, evitando su flexión en esta parte que es el esfuerzo que lo trabaja, pues el empuje está anulado por el falso tirante *aa*. De este modo se consigue un metro más de luz para alcanzar la anchura entre paredes, que es de 10 metros y una altura de 5^m15 cuyo espacio constituye un salón. Entre estos cuchillos está dispuesto un artesonado *eaa* plano en la parte inferior del par y en la horizontal que se ciñe al falso tirante y curvo en la unión de estas dos partes. Cada par está formado de una pieza principal *A* (*fig. 1010*) que es una sección por *CD* en la anterior figura, y de dos laterales *B*, *B*, con las que se forma la parte curva. Entre cuchillo y cuchillo van interiormente unos cabrios para sujetar en ellos el artesonado, los cuales se clavan en la cara inferior de las correas y en otras piezas convenientemente dispuestas. Además, el artesonado se sujeta por otras piezas horizontales longitudinalmente colocadas que se acusan en el interior del salón. En la *fig. 837* se detalló el artesonado de la parte horizontal, siendo la sección de la izquierda la del cabrio inferior que como se ve está compuesto de dos piezas paralelas *C*, *C*, reunidas á trechos por tacos *T* y por una tabla longitudinal *aa*. En los extremos del salón, el artesonado se modifica para unirse la parte horizontal del techo con la vertical de la pared adoptando la forma curva que detalla la *fig. 836*.

En la *fig. 1011* el puente *aa* está apeado por la pieza *ca* sobre la que descansa el par en parte de su longitud y que está apoyada por su extremo inferior en el jabalcón *bc*. La estabilidad de este sistema se consolida con los pernos *P*, *P*, que unen el par con la pieza inferior llamada *sopar*, no permitiendo que ésta se mueva, con lo que resultan fijos los triángulos *bec*, *anp* y mucho más si se establece el tirante pareado *ed* que abraza los jabalcones *bc* sujetándolos con pernos. El par *P*, *P'* (*fig. 1012*) puede ensamblarse con el doble tirante *T*, *T*, *T'*, haciendo á los extremos *aec* de aquél, pequeñas escopleaduras en sus costados para que pueda entrar entre las dos piezas de dicho tirante, descansando sobre ellas por el corte escalonado *ec* y en el poste *D* por medio de otro *ac*. Las piezas que forman el tirante descansan también en escopleaduras practicadas en los costados del poste, el cual pasa por entre ellas para recibir la carrera ó correa de alero *cr*, en una caja ó canal que al efecto se abre en su cabeza. Todos estos ensambles se aseguran con pernos como se ven indicados en la figura.

1104. La armadura cuyo cuchillo está representado en la *fig. 1013,* presenta quebrada ó á la Mansard su estructura interior, pues tiene como este sistema un falso tirante *aa* en su parte superior apoyado en tornapuntas *ad,* las cuales á su vez descansan en una viga del piso inferior, dejando un espacio libre ó desván de 11^m20 de ancho por 4 de altura. La parte superior tiene el apoyo de los pares en los jabalcones *J,* que estriban en el pendolón *pc,* y el falso tirante *aa* proporciona los otros apoyos en sus extremos. El falso tirante *aa* está apeado por pequeños jabalcones *B* y su ensamble con los pares se consolida con abrazaderas de hierro. Las tornapuntas *ad* están encepadas en su medio para evitar su flexión con dobles manguetas ó gatos *ms* que las enlazan con la solera colocada en *s* para clavar en ella los cabrios *bc.* Los gatillos se pueden hacer también de una pieza *(fig. 1014)* sujetando entonces á la tornapunta *T* por medio de bridas de hierro *aa.* De todos modos, los extremos que los sujetan á las soleras *s* deben enceparse en ésta, haciéndoles el corte conveniente como el indicado en *C (fig. 169.* Las tornapuntas pueden empotrar su extremo inferior en la pared, como lo efectúa el jabalcón *bc* de la *fig. 1007.*

Las disposiciones indicadas para enlazar la tornapunta con el falso tirante y con el par, se pueden modificar ventajosamente estableciendo dobles jabalcones *ab (fig. 1015),* los cuales abrazan el par *P,* el falso tirante *F* y la tornapunta *T,* así como los gatos ó manguetas *mn.* El extremo superior de los jabalcones *a* sirve de ejión para el apoyo de las correas, sujetándose todas estas uniones con pernos, como indica la figura. La sección horizontal por la cara superior de los gatos *mn* que se encuentra debajo, demuestra cómo éstos abrazan la tornapunta *T'* y son á su vez encepados por los jabalcones *a'b', a'b',* entre los cuales queda un espacio de 16 c/m que es el grueso del falso tirante *F* habiendo necesidad de hacerles una pequeña muesca para alojar el par *P* y la tornapunta *T* cuyo canto es de 18 c/m.

1105. En obras de cierta clase, como almacenes ó talleres, se adopta para cuchillos la forma de tijera *(fig. 1001)* reforzada con dobles manguetas *mn,* aumentándose la estabilidad con un doble pendolón *ph* que abraza la cruz y asegurándose todo por medio de pernos.

La *fig. 1016* presenta la disposición de una armadura de 16 metros de luz, cuyos cuchillos están á 4 metros de distancia y tiene en la parte superior una linterna para recibir luz. En este cuchillo se combina la tijera con los jabalcones. Los pares *ac* ensamblan en un pendolón *np,* y á uno y otro lado de estas piezas se adosan las aspas *ef* de la tijera, las cuales apoyan en las correas *e, e,* que están sostenidas en el mismo punto por los jabalcones *ed.* Por su parte inferior descansan éstos en ménsulas de piedra y en su longitud están reforzados para evitar su flexión por los gatos *am* y por las vigas del piso inferior *ss,* á cuyas piezas se sujetan por medio de pernos. Su extremo superior *e* sostiene y sujeta con un perno al par *ac,* el cual se apoya por su pie *a* en el gatillo *am,* formando todo un conjunto triangular *edo* que destruye el empuje que pudieran ocasionar los pares en las paredes. La armadura de la linterna está formada de cuchillos de pendolón y jabalcones y descansa en montantes *fg,* enlazándose unos con otros por medio de la hilera *n,* de las correas de alero *g* y de dobles riostras ó sotahileras *c* que sujetan el pendolón en este punto. La escuadría de las piezas que componen esta armadura es débil en relación con la anchura que salva, pero es de económica construcción, pudiendo aplicarse en muchos casos.

1106. CUCHILLOS CON TRES APOYOS INTERMEDIOS EN CADA PAR.—Si en la disposición de la *fig. 1013* se establece un virotillo sobre el falso tirante *aa,* de la manera que se indica de puntos con la letra *V,* se tendrá un nuevo punto de apoyo que podrá aprovecharse para una tercera correa, en cuyo caso las otras dos se colocarán en la situación que convenga. De este modo, el cuchillo podrá alcanzar una luz de 16 á 18 metros.

1107. Los tres puntos de apoyo pueden obtenerse haciendo solidario el tirante con los pares por medio de péndolas ó manguetas verticales *M (fig. 1017)* que los enlacen de modo que el conjunto forme una viga armada de gran resistencia. En el pendolón estriban además los jabalcones *J,* para transmitir á él los esfuerzos de las correas superiores, dando al mismo tiempo rigidez al sistema. Las péndolas *M* pueden unirse con el par y con el tirante, sea al tope, sea encepándolos, como respectivamente indican los detalles *(figs. 1002 y 1003),* asegurando la unión con pernos. Los cuchillos de que nos ocupamos, están calculados para una anchura de 15 metros colocándolos á 4 metros unos de otros; y para enlazarlos entre sí ó contraventearlos se emplean, además de las correas y de la

hilera, las dobles riostras ó sotahileras señaladas con la letra *S* cerca de la unión del tirante con el pendolón.

1108. El sistema de cuchillos representado en la *fig. 1018,* cuya luz es de 16 metros, tiene mucha aplicación por la ventaja que presenta de dejar un gran espacio aprovechable entre el piso *ss* y el falso tirante ó puente *aa*. En él están los pares apoyados en los extremos de este puente y en dos jabalcones por cada par, estribando los superiores *oe* en el pendolón y los inferiores *sc* en las vigas del suelo *ss*. El puente está formado de dos piezas que abrazan el pendolón y los pares, asegurándose la unión por pernos. Los jabalcones inferiores *cs* están reforzados por el gato *nt* al cual se sujetan por bridas de hierro.

1109. Para cubiertas de poco peso como las de cinc ú otro material análogo empleadas en almacenes, se puede adoptar la disposición indicada en la *fig. 1019,* que representa un cuchillo de 22 metros de luz, en el que los jabalcones superiores vienen á estribar en el pendolón por bajo del puente *aa,* que es pareado y los abraza, reforzándose mútuamente el puente y el jabalcón en su cruzamiento *d*. Los jabalcones inferiores son dobles y abrazan, sujetándolos con pernos, al poste *ec,* al tirante *T* y al par *on,* sirviendo sus extremos superiores de ejiones para apoyar en ellos las correas correspondientes. El tirante, por su mucha longitud, tiene que hacerse de dos ó tres trozos y debe sostenérsele no solo del pendolón *pn* sino también de péndolas pareadas *P* en cuya unión hay que colocar tablas á uno y otro lado como indica la parte rayada en la *fig. 1020* para rellenar la diferencia de escuadría entre el par que tiene 16 c/m y el tirante que solo alcanza 8, pues no conviene debilitar las manguetas *mn* en su parte superior de donde cuelgan, lo que sería preciso hacer quitándoles madera para ponerlas en contacto con el tirante. Por bajo de éste, puede colocarse un taco de la misma escuadría que el par, con objeto de que el perno *pp* sujete mejor las piezas que une. Análogamente sostiene el pendolón al tirante *(fig. 1021),* empleando las dos piezas *ab, ab,* y los suplementos de tablón que se señalan con rayas en ambos lados del tirante *et,* colocando como en las péndolas un taco de una escuadría igual á la del pendolón. Los jabalcones, el puente y las péndolas son pareados y reciben en medio las demás piezas que encuentran sujetándolas por medio de pernos.

1110. La forma de tijera, cuya estabilidad se aumenta con un pendolón pareado *(fig. 1022)* y se refuerza con dobles manguetas *mn* y jabalcones *ab* también duplicados, se emplea para cuchillos de 10 á 12 metros de luz. La unión de los pies del par y del aspa estriba en una zapata *sx* siendo abrazados por los jabalcones *ab*. Las aspas se ensamblan entre sí á media madera al cruzarse y reciben á los pares por medio de un corte de barbilla con espiga que puede consolidarse empleando bandas de hierro en forma de T. Los postes *ac* colocados sobre ménsulas de piedra ó retallos dejados en la pared á la que están adosados, sostienen unas carreras *c* en las que apoyan las zapatas *zs* que sirven de asiento á los cuchillos. En las mismas ménsulas ó retallos descansan los jabalcones dobles *ab,* los cuales con el poste y la parte inferior de los pares y aspas forman una triangulación para contrarrestar los empujes. Las dos piezas que forman el pendolón reciben con pequeñas escopleaduras los cruzamientos á media madera de las aspas y pares como se ve en la sección AB, y del mismo modo abrazan á estas piezas las manguetas y jabalcones sujetándose todos estos encuentros por medio de pernos para formar un sistema rígido. Como se ve en la sección AB, entre las dos piezas que forman el pendolón hay necesidad de colocar un taco en el punto de encuentro de los dos jabalcones *J, J* que apean la hilera á fin de que la presión que en sentido contrario ejercen aquéllos no doble las piezas *A, A,* de que se compone el pendolón.

1111. CUCHILLOS CON MÁS DE TRES APOYOS INTERMEDIOS EN CADA PAR.— La *fig. 1023* es, puede decirse, el tipo de los cuchillos que tienen cuatro apoyos en los pares para recibir una correa en cada uno. La primera ó más baja está sostenida por un jabalcón apoyado en un poste adosado á la pared ó en un retallo de ésta. La segunda se sujeta en el extremo de un puente y las otras dos, ó sean las más altas, son apeadas por jabalcones que á su vez estriban en el pendolón siendo reforzada la inferior por el puente, que es pareado y la abraza, así como al pendolón. Los jabalcones inferiores, que van á estribar en las paredes ó postes, son abrazados por el tirante también pareado y por dobles gatos ó manguetas colocadas sobre la pared y los postes á los que encepa. El tirante, que tiene más de 22 metros, se compone de tres trozos, y sus empalmes *A* se hacen á rayo de Júpiter, reforzándolos con abrazaderas y

suspendiéndolos de los pares por medio de péndolas *P*, que pueden ser de madera ó de hierro, según indica la figura. Los cuchillos se mantienen á la distancia de 5 metros unos de otros por medio de dobles riostras ó sotahileras *S* y por las correas y la hilera, la cual se apea por jabalcones *cd*.

1112. Se adopta para luces de 25 metros en adelante la disposición indicada en la *fig. 1024*. Es un sistema de jabalcones cruzados unos con otros formando un enrejado que se consolida con manguetas dispuestas de manera que abrazan los cruzamientos. Aunque la cantidad de madera que estos cuchillos exigen es de gran consideración, tienen un aspecto de ligereza debido á la gran altura que queda entre el suelo y el polígono formado por los cruces de los jabalcones, cuya circunstancia le hace aplicable en la construcción de almacenes para objetos voluminosos.

1113. SISTEMAS DE CUCHILLOS CON DOBLES PARES.—El refuerzo de los pares por medio de otros inferiores ó sopares que les sirven de asiento, da una fuerza grande á los cuchillos y permite salvar distancias considerables, como vamos á ver por los ejemplos que presentamos á continuación.

El cuchillo representado en la *fig. 1025*, forma la armadura de cubierta en la iglesia de Santa Sabina de Roma, salvando una anchura de $14^{m}60$. Los sopares *ps* sobre los que descansa el par, estriban por su pie en el tirante y se apoyan por su extremo superior en jabalcones *sn* que transmiten al pendolón parte de la carga que obra sobre el par, presentando el conjunto una triangulación indeformable. El cuchillo descansa en fuertes zapatas *az* á las cuales se sujeta el ensamble de las piezas superiores con una fuerte abrazadera *cb*. Este ensamblaje puede disponerse también como se indica en la *figura 1026*, encepando el tirante *et* en la zapata *az* por medio de cuñas ó llaves *c*, *c* que entran en cajas practicadas en ambas piezas y haciendo descansar el par y sopar en el tirante: se consolida toda la unión con los pernos que se ven en la figura.

1114. La disposición de la *fig. 1027* denominada *antigua ó de Paladio*, ha sido empleada en Meisig (Filipinas) para cubrir un espacio de $14^{m}24$ de anchura. Los pares tienen sus dos tercios inferiores reforzados por sopares *ab* y éstos se apoyan por su extremo superior contra el puente *aa* aunque por el intermedio de una péndola *as*, en la que ambas piezas ensamblan á caja y espiga. El puente consta de dos partes, una á cada lado del pendolón *pn*, en el que ensamblan también á caja y espiga. Del mismo modo lo hacen los pares en el pendolón y en todas estas uniones tienen un exceso de escuadría el pendolón y las péndolas. El tirante se forma de dos trozos que se empalman en el centro por una ensambladura á rayo de Júpiter, consolidada con cinchos ó abrazaderas y se suspende del pendolón y péndola por medio de estribos de hierro *ee*. El encuentro de los pares y sopares con el tirante, se consolida también con dos abrazaderas, pudiendo serlo del modo indicado en la *fig. 1026:* es muy conveniente enlazar el par con el sopar, colocando de trecho en trecho abrazaderas ó pernos y hasta llaves ó cuñas alojadas en rebajos practicados en ambas piezas además de dicho herraje.

1115. Los sopares no necesitan seguir en toda su longitud en contacto con los pares, sino que pueden quebrarse inferiormente y con especialidad cuando las vertientes tienen poca inclinación (*figura 1028*). De este modo no se debilita el extremo del tirante, acumulando en él las escopleaduras.

La disposición de la figura puede adoptarse en luces desde 14 á 20 metros, dando á la madera la escuadría correspondiente. Los pares están reforzados en la mitad central de su longitud por los sopares *sa* que se apoyan por el extremo inferior *s* en jabalcones *sc* y por el superior apean en el puente *aa* consolidándose y conservando su posición por medio de manguetas *mn* que abrazan los pares y sopares en su centro y en su unión con los jabalcones y con el puente. Éste se encuentra además suspendido en su medio por un pendolón pareado *p H* que lo abraza, así como al cruce de los pares en la cumbre, el cual recibe entre sus brazos la hilera *H*. El tirante necesita sostenerse en su medio por una péndola de hierro suspendida del extremo inferior *p* del pendolón ó por este mismo prolongado, según se indica de puntos, empleando como medio de enlace un estribo de hierro.

1116. Suelen también hacerse pareadas todas las piezas menos el pendolón, según aparece en la *fig. 1029*, el cual queda encerrado entre dos cuchillos sirviéndoles de enlace. Estos cuchillos empleados en la basílica de San Pablo (afueras de Roma) tienen $23^{m}80$ de luz y en ellos los pares descansan sobre sopares en sus dos tercios inferiores, evitando así la flexión consiguiente á su demasiada longitud. Los pares están unidos entre sí al tope y enlazados los de cada dos cuchillos por

clavijas v, $v'v'$; el pendolón se apoya en los puentes por medio también de clavijas c, $c'c'$, sirviendo á su vez de sostén á los tirantes mediante otra clavija s, $s's'$. La hilera H queda encajada entre dos piezas x, $x'x'$, á cuyo efecto se practican en ella las escopleaduras oportunas. Por su parte inferior, la ensambladura de los pares y sopares con el tirante descansa en zapatas Z y se consolida con abrazaderas ab.

1117. CUCHILLOS CON MÁS DE DOS PARES SOBREPUESTOS.—El cuchillo representado en la *fig. 1030,* se construyó por el español Betancourt para la sala de ejercicios de Moscow y es notable por su gran luz de 45^{m}60 y por su disposición. El tirante, que está formado de dos piezas acopladas á rediente, empalmadas á rayo de Júpiter y sujetas por pernos, insiste sobre los muros por el intermedio de tres soleras en cada uno, recibiendo cada extremo el empuje, no solo del par correspondiente, sino de tres sopares que por su extremo superior se corresponden con otros tantos puentes aa, bb, cc. Contribuyen á la estabilidad y solidez del sistema, los jabalcones J que apean la parte superior de los pares y las tornapuntas T, T', T'', las cuales con los puentes y sopares entran por sus extremos en cajas de hierro colado, de las que cuelgan además las péndolas P, P', P'' según detalla la *fig. 1031.* Los pares con los sopares forman vigas armadas de piezas acopladas, unidas por dobles cuñas y pasadores, detalle *(fig. 1032).* La unión de las péndolas y pendolón con el tirante, está asegurada por estribos de hierro et *(figura 1033),* los cuales abrazan las placas rr, ss y el empalme que éstas consolidan. Los cuchillos de esta armadura se colocaron á la distancia de 5 metros unos de otros y están enlazados por dobles riostras R y por las sotahileras S *(fig. 1030)* teniendo tal rigidez que de los 28 $^{c}/_{m}$ de peralte que se dieron al tirante al armar los cuchillos, solo había descendido 21 al cabo de cinco meses.

1118. CUCHILLOS DE ALERO SALIENTE Ó COBERTIZOS.—En ocasiones hay necesidad de proporcionar un abrigo contra la intemperie junto á las paredes de un edificio, sea para que el público pueda resguardarse, sea para que los vehículos de transporte puedan cargarse y descargarse en todo tiempo sin molestia. Se consigue este objeto en los muelles de mercancías de los ferrocarriles y en almacenes ó fábricas, prolongando los pares de las cubiertas y sosteniendo su parte volada, cuando es grande, con jabalcones ó con lc puentes ó tirantes de los cuchillos empleados en l cubierta del edificio.

En la *fig. 1034* se encuentra representado el cas más común y corresponde á un muelle de mercar cias de 7 metros de luz con cobertizos laterales d 3 metros. Los cuchillos apoyados en piés derechc P tienen los pares apoyados por su extremo inf(rior en los puentes ó manguetas dobles ab que lc abrazan, así como al pie derecho y al jabalcón que apea por su extremo superior al par y estrib por el inferior en el poste, en el que también s apoya otro jabalcón interior J', pero á distinta a tura (1002) contrarrestándose sus empujes.

El vuelo de una cubierta se apea también sol mente con un jabalcón J *(fig. 1035)* cuando ha una pared en vez de postes para apoyar la cubie: ta, pues entonces tiene más estabilidad el par.

La *fig. 1036* indica otra disposición que pued adoptarse para sostener el extremo del par ó d cabrio rb; se dispone un puente rs apeado por u jabalcón rc para sostener una correa colocada en punto r con objeto de clavar en ella y en la situac en b la parte volada de cabrio br. El puente rs del disponerse á modo de gato, asegurándose al pos por medio de bandas de hierro ó de un estribo qu se fijará con pernos.

1119. CASOS ESPECIALES DE LAS AI MADURAS DE CUBIERTA.—Muchas vece aunque de gran anchura el espacio que ha de cu brirse, es de fácil ejecución la armadura de cubie ta porque se pueden disponer apoyos intermedic como se ve en el ejemplo que se acaba de exam nar, donde se divide en dos la anchura de 15^{m}5 por medio de un pilar P y un poste encima A qu sirve de sosten á la hilera H. Los pares cb que e triban en un tirante bb están apeados en un pun intermedio por los jabalcones J, J' y por el puen aa, cuyas piezas pareadas los abrazan, así como poste y al tirante, presentando una estabilidad resistencia grandes.

La *fig. 1037* tiene su anchura de 29 metros d vidida en tramos de dimensiones varias para sir plificar la ejecución de los cuchillos, pues el pr blema se reduce á proporcionar apoyos á los par ad por medio de jabalcones J y puentes T y has cruces de San Andrés A, todos los cuales tien(fácil apoyo en los postes P, P, formando una a mazón rígida y de gran resistencia si se consigu mantenerla vertical. Para ello es preciso un esp

cial cuidado en la disposición del contraventeamiento, que en el caso de la figura se consigue no solo con las correas sino con dobles riostras en los puntos *r, r'r'* de los tirantes, las cuales van horizontalmente de unos cuchillos á otros y con tornapuntas ó vientos *V, V', V', V'*, que enlazan los postes de cada dos cuchillos. Las carreras ó correas tienen apeada su longitud, que varía entre 3 y 5m25 por medio de jabalcones *O, O'*, del mismo modo que la hilera.

Como puede observarse en la sección transversal, uno de los cuchillos, el *xx* no apoya sobre pies derechos y se sostiene por fuertes piezas *B, B* que á manera de pares reciben la parte superior de los postes centrales.

ARTÍCULO V

Construcción de armaduras de madera con perfil curvo interior ó exterior.

1120. CUCHILLOS DE PERFIL CURVO INTERIOR.—Cuando se trata de pequeñas luces se adopta para los cuchillos la disposición de puentes ó falsos tirantes como la de la *fig. 1038*, obteniendo el contorno curvo por medio de *camones bdo* que se forman de varias piezas ensambladas á diente unas con otras, desperdiciando mucha madera para conseguirlo, si las circunstancias locales no proporcionan árboles curvos. Estos camones descansan en zapatas *bc* y se sujetan á los pares *ce* y al falso tirante *aa* por medio de herrajes, contribuyendo á dar resistencia á los pares, pues les sirven de apoyo en su parte media y evitando su empuje con la disposión triangular que presenta la unión de la parte inferior del camón con la zapata y el par. Estos cuchillos se enlazan unas veces con el revestimiento de tablas que va de unos á otros por el canto inferior é interior del camón para presentar el aspecto de una bóveda ó se dejan al descubierto, en cuyo caso se da á los camones una sección más ó menos moldurada, como se observa en la *fig. 1039* que representa medio cuchillo de esta clase empleado en la abadía de Westminster (Inglaterra). La inspección de la figura y el examen de las secciones dadas por las líneas *A, B, C* que se dibujan aparte, dan una idea de la composición de los diferentes camones que adornan y consolidan ó refuerzan esta armadura. Como en el caso anterior, este sistema produce un gran desperdicio de madera y mucha mano de obra.

1121. Para evitar este inconveniente y dar al mismo tiempo gran rigidez á los cuchillos, se emplea para éstos la disposición de puente y jabalcones *(fig. 999)* cuando la curvatura se aproxima á un medio círculo ó la de tijera *(fig. 1001* y *1022)*, cuando es un arco rebajado.

En la *fig. 1040* se forma el arco con pequeños camones *oo, nn*, recortados en curva por uno de sus cantos y ensamblados por el opuesto en los jabalcones y el puente, á los que así como al par se hace un ligero corte curvo por su cara inferior, completándose la redondez con los virotillos *cc*, también acamonados. Estas piezas suplementarias se ensamblan en los pares, jabalcones y puente, por medio de cortes de espera y largas espigas que entran en sus correspondientes cajas abiertas en estas últimas, según indica la *fig. 1041*, donde aparece en escala doble el camón *cc* ensamblado con el puente *A* y el jabalcón *J*, el mismo en *c' c'* fuera de su sitio y en *c'' c''* visto por el canto superior que presenta los cortes y espigas. Esta armadura está compuesta de cuchillos con pendolón colocados á trechos y de otros intermedios como el representado en la *fig. 1042*, los cuales son más ligeros y están colocados á 44 centímetros unos de otros en vez de cabrios.

1122. La *fig. 1043* representa un cuchillo adaptado en su forma interior á un medio punto de 20 metros de diámetro. Los pares se apoyan en un doble pendolón *ph* y están además apeados por unas piezas en forma de tijera *ed, ed*, apoyadas en otras *ec* que como sopares reciben dichos pares y estriban por su extremo inferior en jabalcones *ca, rb*. Éstos últimos vienen á encontrarse con un poste vertical *ob* que descansa en soleras *b*, constituyendo un fuerte apoyo del cuchillo. Los ángulos que unas piezas forman con otras se redondean con camones sujetos á ellas por medio de pernos impidiendo que se abran. La rigidez del sistema se asegura con manguetas pareadas *mn, mn*, que abrazan las piezas anteriores y las sujetan con fuertes pernos. La parte de muro desde *b* á *s* sirve de contrarresto, así como el peso de los cabrios que descansan en la solera *s*, la cual está enlazada al poste *ob* por un pequeño gato *os*. El enlace de unos cuchillos con otros, cuyo intermedio es de 4 metros, se hace por medio de las correas y de la hilera y

además por una sotahilera colocada en la parte inferior p del pendolón.

1123. CERCHONES DE PIEZAS CURVAS DE MADERA. — Como ya se ha indicado (1042), cuando la aplicación del hierro se reducía á ser un auxiliar de la construcción, se ideó por el arquitecto Filiberto De L'Orme en 1561 la construcción de ligeras bóvedas con cerchones verticales *sds (figura 899)* formadas de trozos de tablón cortados como dovelas y enlazados por riostras horizontales, salvando de este modo grandes espacios sin producir empuje, especialmente empleándolas en forma de cúpula. Este sistema, que vamos á describir por la utilidad que en ciertos casos puede reportar su conocimiento, resulta económico aplicándolo á grandes luces, pero costoso por su mucha mano de obra en las de reducidas dimensiones.

Cada cerchón ó cuchillo se forma de dos arcos de tablas verticalmente dispuestas *(fig. 1044)*. Los trozos de tablas de 0^m97 á 1^m30 de longitud por 0^m21 á 0^m35 de anchura y 0^m027 á 0^m080 de grueso, se cortan á la manera de una plantilla de dovela colocándose unas junto á otras de modo que formen arcos y que las juntas *aa* de las que componen uno, estén precisamente en el medio de las del otro *bb*. Las tablas de los arcos se clavan entre sí para que formen uno sólo y se mantienen en situación vertical y equidistantes unos de otros por medio de riostras *rr, r'r'*, que son otras tablas de 0^m027 de grueso y de 0^m11 de anchura atravesadas á su vez por clavijas *c, c'c'*, que aprietan las tablas de los arcos entre sí. Algunas veces estas clavijas no están más que por un lado y tienen la forma de cuña para apretar mejor.

Las riostras pueden ser continuas y enceparse á media madera en el intradós y trasdós de los cerchones, como indica la *fig. 1045* y según propuso Rondelet, clavándolas en los cantos de los mismos. Se aseguran todavía más por medio de las clavijas *C* de la *fig. 1046* que aprietan las cerchas. Estas disposiciones presentan mayor facilidad para revestirlas dando á estas armaduras el aspecto de una bóveda, pero no es tan sólida como la anterior y no debe emplearse más que en pequeñas luces.

Los cerchones descansan por sus arranques en cajas practicadas en las soleras *S*, las cuales están tendidas generalmente en retallos dejados en las paredes, como indican las figuras anteriores. La cumbre de la cubierta se forma como las ordinarias, empleando aquí tablones de canto *cd (fig. 899)* que estén tangentes al trasdós y ensamblados uno con otro para formar el caballete ó apoyados en un pendolón pareado que los abraza al mismo tiempo que al cerchón. Por su parte inferior se disponen también otros tablones *ea* apoyados en la cornisa *a* de la pared para obtener la prolongación de la superficie exterior de la cubierta, la cual queda según la línea *cdea*.

La distancia de los cerchones se extiende hasta 4 y 5 metros, constituyéndolos de más de dos hojas, sujetas con pernos ó abrazaderas de hierro, además de las riostras necesarias para mantener verticales los cerchones *(a)*.

Lo mismo que la forma circular, elíptica ú ojival, pueden tener estos cuchillos la recta, siendo entonces unas vigas armadas.

1124. La *fig. 1047* indica cómo puede reforzarse con este sistema un cuchillo ordinario formado por pares *eo*, un puente *aa* y jabalcones *cc*, adosándole á cada lado una cercha del sistema De L'Orme, que se fija al cuchillo por medio de pernos. Por su pie, descansan estos cuchillos en basas de piedra en unión de unos postes á los que se enlazan además por medio de dos gatillos dispuestos entre el jabalcón *cc* y el poste. Los cuchillos tienen 15 metros de luz y están separados 4 metros unos de otros.

1125. Por el sistema De L'Orme he tenido ocasión de construir el año 1864 en Zaragoza una cubierta de un salón, cuyo revestimiento había de ser de tablas traslapadas unas á otras *(fig. 1048)*.

En este salón rectangular de 18^m de anchura por 30 de longitud, los puntos de apoyo eran pies derechos, sobre los que corría una carrera *c*, colocados á lo largo de los lados mayores y distantes entre sí 4^m excepto los dos centrales que lo están á 6^m. Los cerchones se hicieron en arco de círculo de 18^m de cuerda y 4,5 de flecha, formándolos con dos hojas de tablón y siendo las dovelas de 1^m5 de longitud y 55 $^m/_m$ de grueso con la anchura de 26 $^c/_m$.

Para armar las cerchas, una vez dada á las piezas de madera la forma de dovela, se fijaron con

---

(a) De L'Orme colocaba los cerchones á 0^m66 de distancia unos de otros, fijando las dimensiones transversales siguientes:

Para luces de	7^m80	un ancho de	0^m21	y el grueso de	0^m02
»	11^m70	»	0^m27	»	0^m04
»	19^m50	»	0^m35	»	0^m05
»	22 á 24^m	»	0^m35	»	0^m07
»	35^m	»	0^m35	»	0^m08

yeso en el mismo suelo del local, una serie de tablas verticales, cuyos cantos estaban en la dirección de los radios y sobre las que se fueron ajustando unas á otras las diferentes piezas que formaban el arco, teniendo un particular esmero en que tocaran en todos sus puntos las juntas de unos tablones con otros. Para ello, en el sentido del radio (que lo indicaba un cordel) se pasaba una sierra entre cada dos tablones cuantas veces era necesario para que mordiera en ambos, consiguiendo de esta manera su ajuste. Hecho esto, se barrenaba el sitio de los cuatro pernos que en cada junta sujetaban las dos piezas de un lado á la del otro y de uno central entre cada dos juntas. Se levantaba la pieza para dar una mano de cola á todas las superficies de contacto y á seguida se colocaba definitivamente antes de que la cola se secara, sujetándola con las tuercas de los pernos y corrigiendo á la vez el fuerte alabeo de los tablones. Los extremos de las cerchas, cortados en ángulo para encajar en las carreras sobre los pies derechos, se fortificaron con palastro y se sujetaron, además, con abrazaderas de hierro.

Para dar pendiente á la cubierta de tablas, se colocaron pendolones *Hp* sobre el vértice del arco, formados de dos piezas sujetas por pernos que abarcaban las cerchas por su vértice y sobre el cual se elevaban lo suficiente para dar la debida inclinación por medio de pares *Hc* que descansan sobre el arco. De ambos extremos de cada pendolón y de unos á otros van piezas horizontales *H,p*, haciendo el oficio de hileras y sotahileras para mantener las cerchas en su posición vertical, habiendo otras piezas *a,a* en el tercio del arco y por la parte interior que con la tablazón clavada en el canto superior de los arcos y pares, evitan el alabeo de los cerchones manteniéndolos verticales.

1126. En lugar de formar los arcos con tablas de canto, Lacaze, carpintero de París, ideó componerlos de maderos de 14 á 19 centímetros de escuadría, aserrados en dos y empalmados á diente, como indica la *fig. 1049*.

Descansan estos cerchones en soleras como las del sistema De L'Orme y se colocan á 0^{m}83 unos de otros, enlazándose por riostras *rts (fig. 1050)* colocadas de abajo arriba de 1^{m}30 á 1^{m}60 unas de otras, las cuales ensamblan á caja y espiga por sus extremos *r, s* en los cerchones *A, C* y á media madera por el medio *t* en el intermedio *B*, haciéndolo unos por el intradós y otros por el trasdós. En el cuadro formado por los cerchones y estas riostras, se colocan otras piezas *M,M'* paralelas á los cerchones y cuyos extremos se alojan en parte en escopleaduras practicadas en el medio *o,o* de las riostras horizontales. De este modo se completa un encajonado que puede recibir interiormente un artesonado ó cubrirse como por el trasdós del enlistonado ó entablonado que necesita el revestimiento de la cubierta para su asiento. La cúspide y el alero se forman análogamente á lo explicado antes.

1127. CERCHONES DE TABLONES ENCORVADOS.—El coronel de ingenieros Emy sustituyó á principios de este siglo los sistemas anteriores por arcos formados con largos tablones flexibles, plegados de plano como los muelles de un carruaje y mantenidos con herrajes en su posición encorvada *(fig. 900)*. Lo mismo que en el sistema de tablas de canto, la parte recta de la vertiente se consigue aquí colocando pares *dc* sobre los arcos en sentido de la pendiente, los cuales se refuerzan por lo general con sopares *ea* apoyados en jabalcones *eb* y contra los extremos de un puente *aa*. El arco y los pares se unen por medio de manguetas, unas veces normales al arco, como las *mn*, y otras verticales. Por su parte inferior, el arco ó cerchón se enlaza también por el intermedio de manguetas con postes *ds* adosados ó no á las paredes y unas y otras encepan en escopleaduras de un centímetro practicadas en el cerchón, teniéndolas ellas de la misma profundidad, de manera que forman un ensamble de 2 centímetros, cómo se indica en el corte hecho por *AB* en la *fig. 1051*.

Los cerchones se hacen encorvando juntos los tablones colocados de canto sobre un plano horizontal hasta ceñirlos á la forma del arco que se desee, lo cual obtenido se atraviesan pernos *P* á distancias de 80 centímetros, con los que se aprietan fuertemente las hojas unas con otras, asegurándose luego con abrazaderas *E*. La forma curva no pueden perderla los tablones una vez clavados y sujetos entre sí porque para ello sería preciso que se acortaran las tablas de la parte convexa y se alargaran las de la parte cóncava, lo que es imposible porque lo impide el herraje. El autor manifiesta hablando de este cerchón, cuya luz es de 20 metros, que cuando se le abandonó súbitamente á sí mismo, después de sujeto solamente con las abrazaderas, fué tan débil la tendencia á enderezarse que sus arranques no se separaron más que 16 centímetros y un hombre sólo pudo volverlo á su posición.

Los tablones deben ser lo más largos posible, y si no son lo bastante para formar el arco de una sola pieza, se les empalma á juntas encontradas, evitando que éstas caigan hacia los riñones del trasdós y en el vértice del intradós, aumentando el número de hojas donde sufre el arco su mayor esfuerzo de flexión, que es en su tercio á partir del arranque. Los pernos y las abrazaderas no deben escasearse si se desea que el cerchón tenga rigidez.

En el cuchillo que examinamos, construido por Emy en Marac, los tablones son de 12 á 13 metros de longitud por 13 centímetros de anchura y 5 $^1/_2$ de grueso y el cerchón descansa sobre soleras tendidas á lo largo de un retallo *sb* dejado en la pared, en la que también apoyan unos postes armados *as*. Sobre éstos asientan los extremos de los pares sujetándose con una abrazadera, cuyas piezas *(fig. 1052)* se aseguran por medio de llaves que atraviesan por los taladros rectangulares figurados en el dibujo. Los postes están separados de las paredes y las tres primeras manguetas que enlazan el cerchón con dichos pies pasan sus extremidades fuera de éstos para penetrar en cajas *N* practicadas en la pared, no con objeto de que la fábrica preste resistencia al sistema, sino para mantener verticales los cuchillos impidiendo el balanceo en sentido de la longitud del edificio. Todas las piezas de este cuchillo tienen 13 centímetros en uno de los lados de su escuadría, excepto los postes laterales *as* que miden 20. Están colocados á 3 metros unos de otros, uniéndose por medio de riostras *R, R* que se encepan en los lados de las manguetas *ad* y por sotahileras también dobles dispuestas sobre el puente en ambos lados del pendolón. Estos cuchillos fueron cargados con un peso de 11.000 kilogramos sin producir ningún desarreglo.

1128. La *fig. 1053* representa un cerchón de 12 metros de luz formado de cuatro tablones ú hojas de 5 centímetros de grueso y 20 de anchura cada una, el cual descansa sobre un retallo dejado en la pared por el intermedio de soleras *S* tendidas á lo largo de la misma. Sobre el cerchón descansan los pares *ac* que se ensamblan por su extremo superior en un pendolón pareado *cp* y se apoyan por abajo en postes *ab*. El enlace de estas piezas con el arco se verifica por medio de dobles manguetas *mn* que las encepan, asegurándose las uniones con pernos.

Los cuchillos ó cerchones están colocados á 5^{m}50 de distancia unos de otros lo cual exige correas de 25 por 22 $^c/_m$ de escuadría, que sirven de riostras entre los cerchones, para cuyo efecto encepan en la prolongación de las manguetas y se aseguran á ellas por medio de pernos. Además están contraventeados los cuchillos por cruces de San Andrés, que van de unos pendolones á otros.

1129. La disposición indicada en la *fig. 1054*, cuya luz es de 18^{m}50, se adoptó en 1887 en Génova por el arquitecto Darier. En este cuchillo los pares están reforzados por sopares *ca*, que se apoyan en jabalcones *dc* y están contrarrestados por un puente *aa*, hallándose debajo y tanjente á estas piezas el cerchon que arranca de la base *B* de piedra y está formado de seis hojas de 22 por 3 centímetros, que dan una escuadría total de 18 por 22. El cerchón está ligado á los pares y sopares así como al puente por abrazaderas, hallándose reforzado todo el sistema por el pendolón pareado *Hp* y por las manguetas *mn*, la más inferior de las cuales presenta al exterior una salida *os* para proporcionar un apoyo al par y formar un cobertizo.

1130. Cuando se necesita una gran rigidez, se recomienda la colocación de las manguetas en sentido vertical, como se representa en la *fig. 1055*, descansando las correas sobre ellas á caja y espiga. Los cuchillos se arriostran unos con otros por dobles hileras y sotahileras *S*, y sus diferentes piezas tienen las mismas escuadrías que en el cuchillo de 20 metros de la *fig. 900*, aunque en este caso tiene 22 metros de luz.

1131. El sistema que estamos explicando, se presta á la formación de cuchillos de arcos concéntricos *(fig. 902)* y de forma de hoz *(figs. 896 y 897)*. Así lo ha hecho en Génova el arquitecto Darier, construyendo para los extremos ó cabezas de la cubierta del tiro federal unos cuchillos formados de dos cerchones concéntricos *(fig. 1056*, lámina XXVIII) unidos por manguetas y reforzados por cruces de San Andrés. La cercha interior *dab* abarca 24 metros de anchura y 17^{m}30 de altura y está formada de 5 hojas de 22 $^c/_m$ de anchura por 3 de grueso; la exterior abarca hasta 29 metros de anchura y 20 de altura y se compone de 9 hojas en su parte inferior, 8 hasta más arriba de los riñones y 7 en la parte superior *nc*. Ambos cerchones están enlazados por manguetas dobles que se prolongan hasta los postes *es* y los pares *sH*, sirviendo en éstos de apoyo á las correas. Adosada á esta armadura central se encuentra otra más baja que cubre un espacio de 13 metros de anchura, formada

de cuchillos con cerchones semielípticos de 7 y 8 hojas, dispuestos como en el caso de la *fig. 1054*. Los cuchillos interiores de esta armadura dispuestos entre los anteriores de cabeza, no tienen la cercha menor *dab (fig. 1056)* ni por lo tanto las cruces de San Andrés, y las manguetas solo se prolongan hacia dentro lo suficiente para encepar el cerchón *en*. La luz y ventilación se facilita en el local por medio de grandes aberturas á modo de buhardillas *B* apoyadas en la prolongación de los postes.

1132. CUCHILLOS CURVOS AL EXTERIOR.—Explicados los medios de obtener armaduras de contorno recto al exterior, y recordando lo que se dijo al tratar de las cimbras, fácil es trazar cuchillos que tengan curva su forma exterior, adoptando algunas de las disposiciones anteriormente reseñadas, que presentan poligonal ó curva su estructura y con especialidad los del sistema quebrado ó quebrantado de Mansard. Los pares ó los cabrios serán en este caso de contorno curvo.

1133. ARMADURAS DE MADERA PARA CÚPULAS.—La estructura de una cubierta cupulina, esférica ó de revolución, comprende dos cerchones que se cruzan en ángulo recto y se reunen en un nabo central, intercalándose entre ellos los semicuchillos que sean necesarios para cerrar el espacio. Estas armaduras rara vez tienen tirante, pues siendo su objeto formar medias naranjas, han de presentar este aspecto lo mismo interior que exteriormente. El nabo se prolonga á veces inferiormente, para sujetar otra armazón curva, concéntrica á la cubierta que forme un techo esférico.

Si sobre una bóveda en cúpula ha de construirse la armadura de la cubierta, nada más fácil que apoyar ésta en los puntos de aquélla que sean más convenientes por su mayor resistencia.

Las armaduras esféricas, cuando tienen reducidas dimensiones, se forman por zonas horizontales *(figura 1057)*. En ellas, sobre la solera circular *ss*, *s's's'*, descansan los pares curvos *as* que á su vez apean por medio de caja y espiga la cadena también curva ó anillo *aa*, *a'a'a'*. Ésta sostiene á su vez y del mismo modo los otros pares *ab* y la cadena *bb*, *b'b'b'*, continuando así hasta terminar en la corona superior *cc*, *c'c'c'* ó en un nabo que forme la cúspide *o*. Estas coronas ó anillos han de tener perfectamente ensambladas y sólidamente sujetas con herraje las diferentes piezas de que se componen.

Aumentando el diámetro de la cúpula, se colocan de trecho en trecho sobre una solera circular *ss* *(fig. 1058)* unos pares curvos *dr*, *dr*, que se apoyan por arriba en la corona que forma la abertura superior y están reforzados en su parte inferior por piezas rectas pareadas *ac* que los abrazan, las cuales se enlazan con el pie del par por medio de gatos *ad* para dar estabilidad á esta parte. Para la colocación de los cabrios curvos, se establecen correas ó anillos circulares apoyados en las anteriores piezas *ac* y otros intermedios *bb*, de modo que dichos cabrios puedan enrasar con los pares para recibir el revestimiento de la cubierta. Puede también formarse una camisa independiente disponiendo cadenas *c'*, *c'*, apoyadas contra las piezas *ac*, *cr*, y que reciban los cabrios exteriores *ac'c'*.

1134. Las armaduras de grandes dimensiones pueden obedecer en su formación á tres sistemas: el uno consiste en disponer dos cerchas *aa*, *bb (figura 1059)* que se cruzan en ángulo recto; el otro emplea cuatro cerchas *mm*, *nn*, *pp*, *qq (figura 1060)*, y el tercero dispone semicerchas en sentido radial que concurren en un nabo central ó mejor en una corona, sobre la que se levanta una linterna. En los tres casos, el espacio comprendido entre el intradós y el trasdós es bastante espacioso para establecer una escalera de subida á la cúspide, desarrollándola en espiral.

El sistema de cruz que representa la *fig. 1059*, se completa con semicerchas *dd* colocadas en sentido de los radios, las cuales ensamblan por abajo en una doble solera y por arriba en bastidores poligonales ó circulares.

Adoptando el sistema de la *fig. 1060*, las semicerchas *dd* ensamblan por arriba en el medio de las cuatro cerchas principales, estableciéndose además unas secciones *ee* en los ángulos que estas últimas dejan entre sí, apoyándolas en cuadrales *cc*.

1135. La estructura de las cerchas es varia. Pueden componerse de un puente *aa (fig. 1061)* sostenido por pies derechos *as* que descansan en el encadenado *sd* y por jabalcones *es*. Sobre el puente apoyan los montantes *M*, *M*, que sostienen el bastidor circular *cc* y son mantenidos en su posición vertical por las piezas inclinadas *ac* que hacen el oficio de pares. El contorno curvo exterior se forma como en las cimbras con camones *ad*, *ab*, *bh*, *hc*, cuyos empalmes superiores se sostienen por los jabalcones *eb*, *hn*. Por la parte interior, la curvatura se forma con piezas suplementarias *E*, *E*,

ensambladas en el contorno poligonal que producen el puente y los jabalcones *es* enlazados por otros *J'*.

Las semicerchas radiales *(fig. 1062)* pueden componerse de dos polígonos *adc*, *beh*, unidos por manguetas *ed* y reforzados por aspas *ae*, *bd*, según indica la figura. Como en el caso anterior, las cerchas descansan en un encadenado inferior formado por las soleras *s*, *s* enlazadas por gatos *ab* que las encepan, y apoyan por la parte superior en coronas ó bastidores circulares *hh*, *cc* si han de presentar hueco para una literna, y en puentes que se crucen cuando no.

Los sistemas de Emy y DeL'Orme tienen aquí su adecuada aplicación, porque presentan desde luego la forma circular que exigen las cúpulas y no ejercen empujes sobre los muros circulares en que descansan.

ARTÍCULO VI

Construcción de faldones y de encuentros de armaduras y cubiertas á más de dos aguas empleando madera.

1136. FALDONES.— La *fig. 1063* presenta en tres proyecciones la disposición de un faldón recto encontrándose en ellas todas las piezas principales que componen su armadura. Como se indicó en su lugar (1044), el pendolón *P* del último cuchillo *aa*, denominado *principal*, sirve también para los semicuchillos de faldón *Pf* y para los de lima tesa *Pt* que en este punto se encuentran siendo el lazo de unión de todos ellos. En él ensamblan, como se ve, los pares, jabalcones y demás piezas, haciéndolo de barbilla á caja y espiga los del semicuchillo de faldón *Pf* y sólo á barbilla, pero en forma angular, los de lima tesa *Pt* para no debilitar mucho al pendolón, según se ve en la *fig. 1064*, que es un detalle de la proyección horizontal del nudo, donde *P* representa el pendolón y *A*, *A* los pares del último cuchillo, *F* el par del semicuchillo de faldón y *T*, *T* los de lima tesa; á estas piezas deben dárseles los cortes verticales en chaflán *am*, *cn*, con objeto de que todas sufran proporcionalmente esta reducción de escuadría. El canto superior de los pares de lima tesa se corta en dos chaflanes de la manera que determinen las dos vertientes que en ellos forman la arista *tt*. El pendolón sobresale generalmente por cima de la cubierta *(fig. 1063)*, como se ve en *P'*, *P''*, rematándose con una veleta ó con un adorno.

El tirante del semicuchillo de faldón, que se representa en *tf (fig. 1065)* se ensambla á cola de milano y á media madera en el *dd* del último cuchillo de la armadura y ambos se sujetan en el pendolón común cuando le hay. Para recibir el tirante que corresponde á los semicuchillos de lima tesa se disponen los cuadrales *cc* que se sujetan á los tirantes anteriores por medio de pernos y en ellos ensamblan á cola de milano y á media madera los semitirantes dichos *ag*, *ag*, los cuales toman el nombre de *aguilones*. Se completa la seguridad de este maderamen ó enrallado con otros cuadrales *c'c'*, *c'c'*, que enlazan las soleras y sirven de apoyo á los aguilones ó para que en ellos ensamblen á cola de milano cuando por su demasiada longitud no llegan al ángulo *g* de la pared. Las piezas que asientan sobre las soleras, se sujetan á éstas por medio de pernos, además de ensamblarse á media madera ó al tercio.

Si las correas han de descansar sobre los pares de lima tesa, se cortan en bisel *ab (fig. 1066)* para empalmarse unos con otros, pudiéndose reforzar esta unión por medio de escuadras de hierro *ece*, *e'c'*, sujetas con clavos ó tornillos en los cantos de las correas *C*, *C*.

Los cabrios llamados péndolas que acuden á las aristas de lima tesa *Pt (fig. 1063)*, tienen variable su longitud. Se colocan normalmente á las paredes y se apoyan por su pie en las soleras *at*, *tt*, *ta* como los demás, formando con sus extremos superiores las aristas de lima tesa. Estas piezas, cuando se emplean en faldones oblicuos y se quiere que sus caras laterales estén verticales, es necesario achaflanarlas ó cortarlas por sus cantos superior é inferior para que se adapten al plano del faldón, resultando de una sección paralelográmica; mas si ésta ha de conservarse rectangular, sus caras laterales quedarán inclinadas aunque perpendiculares al plano del faldón.

1137. ARMADURAS EN EL ENCUENTRO DE CUBIERTAS.— Como en los faldones, los cuchillos que componen un nudo se apoyan en un pendolón común y los tirantes ó aguilones se ensamblan entre sí á media madera ó se cruzan simplemente al tope uno sobre otro, colgándose de todos modos el ensamble del pendolón común. Las hileras, si descansan sobre el pendolón, se unen entre sí al tope reforzándose la unión con cruces de

hierro, cuyos brazos las sujetan por medio de clavos ó tornillos, y si apoyan en los costados del pendolón se ensamblan en él á caja y espiga.

El cuchillo tumbado ó inclinado, proyectado según las líneas *hoh (figs. 869 y 870)*, que se denomina *de nudillo*, es de construcción análoga á la de los cuchillos que componen la cubierta más baja *B* y se dispone de modo que forme parte de ambas armaduras, ensamblándose sus pares en uno de la mayor que se hace pasar por el punto *o* y éste á su vez se ensambla en un puente que á la altura necesaria va de uno á otro par del cuchillo de nudillo. La hilera de la cubierta *B* se ensambla también en el par del punto *o* por cima de los pares del cuchillo tumbado.

1138. ARMADURAS EN PABELLON A CUATRO AGUAS.—Las que se componen de dos cuchillos colocados diagonalmente *aa, bb (figura 1067)* para formar las limas tesas, tienen un pendolón común *P,P'* en el que se ensamblan á caja y espiga los cuatro pares y al que abrazan los tirantes cuando están pareados, como en la figura, en cuyo caso reciben también en medio el pie de los pares. Si las dimensiones del pabellón son reducidas, los cabrios ó péndolas que descansan en la solera tendida en la coronación de las paredes, se apoyan en los pares sin necesidad de las correas *cc, c'*, formando las aristas de lima tesa como en los faldones y disponiéndolos del mismo modo. Se acostumbra también asentar sobre los pares, cabrios más gruesos á los que acuden las péndolas por sus costados, según aparece en la proyección horizontal.

Cuando por la mucha longitud de las diagonales hay que establecer los cuchillos según las líneas *n'n, e'e (fig. 857)*, se enlazan á poca distancia de su cumbre por medio de cuadrales *en* en los que puedan apoyarse los semicuchillos de lima tesa que van á las esquinas *a, b*, evitando de este modo la complicación de ensamblajes en el pendolón, lo cual lo debilita. El enrallado se forma de los tirantes, cuadrales y aguilones proyectados en las líneas de la figura, uniéndose los tirantes y aguilones por medio de la solera que se tiende sobre las paredes.

1139. ARMADURAS PIRAMIDALES DE MÁS DE CUATRO AGUAS.—Una cubierta hasta de ocho vertientes puede formarse de tantos semicuchillos como aristas y todos ensamblarse en un pendolón; pero como éste resulta muy debilitado, se adopta la disposición de dos cuchillos en cruz, como los que indica la figura anterior, empleándose los cuadrales lo mismo para el enrallado que para el enlace de los semicuchillos en su parte superior. Los dos tirantes se ensamblan á media madera en su cruce y en ellos los cuadrales á caja y espiga, haciéndolo á lazo ó cola de milano los aguilones en estos últimos, como en la *fig. 1065*.

Generalmente se suprime el enrallado para que la armadura quede más elegante por su parte interior ó inferior, como se representa en la *fig. 1068*, que corresponde á un pabellón de 8^{m}40 de luz. En esta armadura, los pares que han de formar las limas tesas descansan por su pie en una carrera poligonal *ccc, c'c'* sostenida por pies derechos *P, P* y se ensamblan por su extremo superior en un grueso nabo *N, N'*. Estos pares se enlazan por medio de correas *dd, d'd'* ensambladas en sus costados para que enrasen superiormente unas y otras piezas á fin de recibir falsos pares *ee, e'e'* que enrasan también y que, como los pares, se apoyan inferiormente en la carrera, del modo que detalla la *fig. 1069*, donde *A* representa el par, *C, C'* las carreras y *P, P'* el poste. Estas dos últimas piezas se enlazan entre sí para resistir el empuje que produce el par por medio de una banda de hierro que se pliega al ensamble, según se ve en *aooa, a'o'*, asegurando las tres piezas con pernos. Los pares se sujetan á las carreras empleando otras bandas *aba (fig. 1070)* que por sus extremos se fijan con pernos á dichas carreras y por el medio retienen del mismo modo al par.

El ensamble de los pares en la cúspide se verifica haciendo al nabo *(fig. 1071)* tantas caras como pares acuden á él, en las cuales se abren igual número de cajas para recibir las espigas de los pares.

1140. Cuando son más de ocho las vertientes de una cubierta en pabellón, no pueden ensamblarse todos los pares en el nabo, aunque éste sea de grande escuadría; y como tampoco es necesaria en este punto tanta madera, se ensamblan en una corona ó bastidor poligonal ó circular *aaa, a'a'a' (figura 1072)*.

El enrallado tiene también sus cuadrales *ec* ensamblados en los tirantes *bb, ce* para recibir los aguilones *gn*, y cuando se suprime este maderamen, se establece una fuerte solera poligonal, cuyos ángulos ó empalmes no puedan abrirse con los esfuerzos que en ellos ejercen los pares. Se emplean para conseguirlo dobles soleras *s, s*, cuyos empalmes se consolidan con bandas de hierro, como en el caso anterior, y que se enlazan una con otra por medio de

gatos *to*, *to* (que no figuramos más en la proyección para evitar confusión) colocando además unos virotillos *P*, *P* sobre la solera interior para establecer una triangulación en el pie de los pares que destruya su empuje. Se disponen otras veces á cierta altura falsos tirantes ó puentes que enlazan los pares evitando que se separen. La flexión de éstos, cuando su demasiada longitud ó su escasa escuadría la hacen temer, se evita adoptando los mismos puentes ó colocando codales entre cada dos pares, los cuales formen un refuerzo poligonal *ddd*, *d'd'd'*.

Las correas descansan sobre los pares ó se ensamblan en sus costados, como en las armaduras á dos aguas, formando aquí polígonos semejantes al de la solera. Los cabrios se suprimen por lo general y la tablazón se clava directamente sobre las correas cuando el espacio que hay entre éstas lo consiente por sus reducidas dimensiones ó por el grueso de la tablazón. También se pueden colocar falsos pares en los espacios inferiores que dejan las correas y los pares, como lo están los *ee* de la *figura 1068*, clavándolos sobre las correas ó ensamblándolos en su cara lateral para que enrasen exteriormente con ellas.

1141. ARMADURAS CÓNICAS.—Se forman de la misma manera que las piramidales de muchas vertientes, con la diferencia de que la corona superior en que apoyan los pares se hace aquí circular, así como los codales ó correas (cuando se emplean) presentando cónica su cara exterior unas y otras piezas. También se redondea en ciertos casos la cara exterior de los pares, especialmente en las cubiertas de poca luz. Las soleras en que se apoyan los pares pueden ser poligonales en estas armaduras, siempre que los empalmes de sus diferentes piezas correspondan á las aristas exteriores del cono.

En la *fig. 1073* representamos una armadura empleada en la Edad Media. Está formada de dos cuchilos maestros *aa*, *bb* que se cruzan en el centro á ángulo recto y están compuestos de pares ensamblados en un mástil ó nabo *pn* del que se suspenden los tirantes, hallándose los pares enlazados entre sí á diversas alturas por coronas *dd*, *d'd'* que hacen de codales y cuyas piezas están perfectamente ensambladas hasta el punto de que, en muchas armaduras, se suprimen los tirantes porque la invariabilidad de dichas cerchas se opone á la separación de los pares. Estos están apeados por jabalcones *J*, *J* en su parte superior y reforzados en la inferior por camones para presentar interiormente la forma curva *cqc*, cuyos camones se enlazan á los pares por manguetas *d'e*. Cuando no hay tirantes, las soleras circulares ó poligonales se empalman con gran esmero y se hacen pareadas, fijándose el pie de los pares en gatos que las enlazan, además de otros intermedios *ot*. En las coronas *dd*, *d'd'd'* apoyan falsos pares para llenar los espacios de las partes inferiores de la cubierta, pudiendo disminuir su número con la elevación, como disminuye el desarrollo de las coronas. Son notables en estas armaduras la bien entendida aplicación de los ensambles y el mucho uso que se hace de gatillos y de llaves.

1142. CHAPITELES Y AGUJAS.—Las cubiertas piramidales (cuyas aristas tienen muchas veces un contorno curvo) con que rematan las torres ó campanarios de las iglesias y se emplean algunas veces en cubrir ciertos pabellones en los edificios toman el nombre general de *chapiteles*, denominándose *agujas* cuando son muy estrechos y altos, siendo la altura de 3 á 5 veces la anchura de la base. La altura total se subdivide en varias de 3 á 4 metros para facilitar su construcción uniéndose unas con otras para su seguridad. Antiguamente se establecía en el eje un mástil ó nabo, como hemos visto en la armadura cónica, el cual se elevaba desde la base á la cúspide de la cubierta y al que se ensamblaban á caja y espiga los enrallados ó enmaderados de todos los pisos en que se dividía la aguja ó chapitel. Las piezas de la base se empotraban en la fábrica de los muros inferiores de la torre ó campanario.

La construcción actualmente se ha modificado haciendo que el nabo ocupe solamente la parte más elevada en la que ensamblan los extremos de los cabrios y se apoya la veleta ó cruz con que remata el chapitel. La armadura se hace descansar simplemente sobre la fábrica de los muros para evitar que las vibraciones producidas por el viento causen conmociones perjudiciales á la solidez y estabilidad. Las ensambladuras se procura que sean de lazo ó cola de milano, evitando las de caja y espiga en las que puede depositarse agua, haciéndoles un orificio de salida si no es posible sustituirlas por otras. No debe olvidarse la colocación de garfios al exterior para la colocación de andamios cuando haya necesidad de hacer reparaciones, disponiendo también ventanas de trecho en trecho con este mismo objeto y con el de establecer una ventilación constante en el interior de la armadura.

1143. En la *fig. 1074* representamos un chapitel de $10^{m}80$ de altura, que tiene la forma de una pirámide cuadrangular con sus aristas achaflanadas y descansa sobre un enrallado compuesto de dos tirantes *T, T,* que se cruzan á ángulo recto y á media madera, en cuyos costados se ensamblan los cuadrales *C, C* para recibir los aguilones *A, A.* Sobre los extremos *a, a* de los tirantes y aguilones descansan los pares *a'r* que forman las aristas de los chaflanes y se sujetan en otro superior, según aparece en *bc* (figura de la derecha), yendo éstos á ensamblarse por su extremo superior *b* en el nabo de la armadura. Los pares se refuerzan por su parte inferior con jabalcones *J, J* que los sujetan á los tirantes *T, T'* y por otros *j* que apean el enrallado dispuesto á $3^{m}30$ de altura y análogo al inferior, el cual se detalla en la *fig. 1075.* Sobre este enrallado descansa el nabo *np' (fig. 1074),* donde ensamblan los pares ya unidos por su extremo superior, cuya unión está apeada por jabalcones *k* para que no puedan doblarse. Además los pares se enlazan por correas ó codales *d, d'd'* que se ensamblan en sus costados y sirven también para clavar en ellas los cabrios que han de recibir las tablas del revestimiento.

Se da más fijeza á estas armaduras enlazando el enrallado inferior con el piso situado debajo por medio de barrones de hierro *hh,* cuyos extremos llevan tornillo y tuerca para atirantarlos y evitar que los vientos conmuevan la armadura del chapitel.

1144. En Friburgo (Suiza) se ha construido la aguja ó chapitel representado en planta y perfil en la *fig. 1076.* En la planta están indicadas con líneas de puntos cuatro soleras *os, ss, oo,* enlazadas por cuatro cuadrales *cd* y enrasadas de nivel, teniendo en su cara superior practicadas escopleaduras para encepar las piezas que constituyen el enrallado *AB* y que son cuatro carreras *ar, en,* cuyos extremos reciben, en cajas abiertas á propósito, los pies de los pares que forman las ocho aristas de la cubierta. Estos pares van á reunirse por su extremo superior en un nabo *pv,* en el que se fija la cruz ó veleta con que remata el chapitel, y se arriostran en toda su altura por otros tres enrallados *CD, EF, GH,* que presentamos por separado á la izquierda del perfil. El primero consta de cuatro carreras *C, C, C, C,* cruzadas á media madera con sus extremos encepados inferiormente por las piezas *bb* en los lados mayores del octógono y superiormente por otras *tt* en los lados menores para apoyar sobre las primeras los pares secundarios de las caras mayores del chapitel y sobre las otras los de las caras menores. Las piezas *bb* se apoyan en cruces de San Andrés, con objeto de dar rigidez y seguridad al primer cuerpo de la cubierta y las *tt* reciben otras colocadas para el mismo objeto en el segundo cuerpo, teniendo este refuerzo en las caras menores de la pirámide. El segundo enrallado *EF* es idéntico al anterior y el tercero se reduce á las cuatro carreras que aprisionan en su cruce el pie del pendolón *pv.*

Todos los enrallados se consolidan con pernos que fijan las ensambladuras de las carreras entre sí y el *AB* de la base está enlazado con el piso inmediatamente inferior por medio de barrones de hierro como en el caso anterior.

Las ventanas de ventilación están indicadas con la letra *X.*

1145. Como ejemplo raro de armadura cónica, se presenta en la *fig. 1077* el de un cuchillo colgado que se empleó para cubrir el panorama de los Campos Elíseos de París, cuya anchura era de 20 metros y que recibía luz por una linterna dispuesta en la cúspide.

1146. ENLACE DE LOS CUCHILLOS DE UNA ARMADURA.—A lo dicho respecto de este punto en los párrafos 1045 y 1046, añadiremos que para contribuir al mejor enlace y contraventeamiento de los diferentes cuchillos de una armadura de cubierta, debe cuidarse que los ensambles se practiquen de la manera más conveniente y segura, según las condiciones en que se encuentran unas piezas con otras. Las sotahileras y las riostras que hemos visto enlazan algunos cuchillos, se establecen generalmente pareadas abrazando entre ellas á los pendolones, péndolas, puentes ó tirantes, unas veces al tope, como se detalla en la *fig. 1002,* y otras veces, que es lo más general, haciéndoles ligeros cortes, según se representa en la *fig. 1003* y asegurándose siempre la unión con pernos. En varios de los cuchillos que hemos descrito se señalan con la letra *S* las sotahileras y con la *R* las riostras.

1147. Un medio eficaz de trabar bien una armadura y hacer que su peso se reparta por igual en las paredes ó postes que la sustentan, consiste en el empleo de soleras tendidas á lo largo de dichas paredes ó en carreras colocadas de poste á poste, según hemos hecho notar en varios ejemplos; pero para que su objeto se consiga con eficacia es

conveniente que no descansen solamente sobre la fábrica sino que se sujeten á nudillos que, como se dijo al tratar de los entramados verticales de madera (711), son piezas empotradas transversalmente en el grueso de las paredes. En armaduras de importancia se colocan dos y tres soleras *S*, *S* *(figura 1078)*, sirviendo no solo para ensamblar en ellas los tirantes, si los hay, sino también para prestar un apoyo á los pares y cabrios. En estos casos, además de clavarse en los nudillos *N* colocados de trecho en trecho, se encepan por su canto superior con gatos *G* de la manera que lo hacen las trabas ó riostras *tr* *(fig. 691)*. Los empalmes de las soleras, entre sus distintas partes, se hacen á media madera asegurada con pernos.

ARTÍCULO VII

Cuchillos de madera y hierro á dos aguas.

1148. PIEZAS DE HIERRO QUE MÁS SE EMPLEAN EN CUCHILLOS DE MADERA. —Se combinan estos materiales dando á cada uno la aplicación más oportuna y conveniente atendida su naturaleza y resistencia. Los tirantes, pendolón y péndolas sufren tensión y pueden hacerse, por lo tanto, de hierro forjado que proporciona menos peso y coste. Los pares y demás piezas que están sometidas á la flexión pueden ser de madera, como material económico, así como los puentes, jabalcones y tornapuntas que están sujetos á la compresión.

La barra de hierro que hace de tirante entra muchas veces por sus extremos *et* *(fig. 1079)* en unas zapatas de hierro colado en las que estriban los pares *P* y que también pueden servir de apoyo á unas correas *C*. Se atiranta por medio de roscas *t* ó sirviéndose de ajustadores ó manijas *(figs. 99 á 102)* que se colocan en el medio de su longitud y con cuyo manejo se alarga ó acorta la distancia entre los extremos de las dos partes del tirante, según giren las roscas de que están provistos en sentido contrario una de otra cuando son dos. El ajustador es preciso en todos los tirantes, á no ser de muy reducida longitud, para que puedan ponerse rígidos y contrarrestar el empuje de los pares en las paredes.

Por la parte superior pueden apoyarse los pares *P*,*P* *(fig. 1080)* en una cumbrera de hierro colado *acb*, especialmente cuando se trata de armaduras de grandes dimensiones, para que la enorme presión que los pares, puentes y jabalcones ejercen sobre los pendolones y péndolas de madera no aplasten sus fibras. En la parte superior la cumbrera tiene, por lo general, una caja para recibir la hilera *H* y en la parte inferior un ojo *c* del que puede suspenderse el pendolón ó péndola mediante un pasador ó clavija. La cumbrera puede tener la forma que indica en sección la *fig. 1081*, suspendiéndose el pendolón de un perno arqueado *aca* que sirve al mismo tiempo para sujetar los pares por medio de las tuercas indicadas en *a*,*a*, para cuyo objeto están fileteados los extremos. En otras cumbreras *(figura 1082)* el pendolón *P* la atraviesa, fijándose su extremo superior fileteado por medio de una tuerca *T*. Cuando el pendolón es de madera se une á él la péndola de hierro por medio de un estribo *esse* *(fig. 1083)* que se sujeta por uno ó dos pernos *P*,*P'* y tiene en su codo *ss*, *s's'* el agujero necesario para suspender la péndola *D* y de ella el tirante *T*, el cual pasa por un ojo que aquélla tiene en su extremo inferior, pudiendo así dilatarse ó contraerse libremente con los cambios atmosféricos.

Los ejiones donde se sujetan las correas pueden ser barras planas *ece* *(fig. 1084)* ó escuadras ó piezas especiales de fundición. Para la hilera pueden adoptarse otras piezas análogas *(fig. 1085)*.

1149. CUCHILLOS DE MADERA CON TIRANTE Y PÉNDOLAS DE HIERRO.— La *fig. 1086* representa un cuchillo de $8^{m}70$ de luz, muy empleado en ferrocarriles, cuyos pares tienen reforzados sus extremos con palastro y están apeados en cartelas de hierro *bn* que descansan por medio de un reborde de su base en la fábrica del muro, al que están sujetos además por un perno empotrado en ella. Por su parte superior se ensamblan los pares en una hilera, también de madera, de la que cuelga la péndola de hierro *AH* que sostiene el tirante por su medio. Los extremos de éste están dispuestos en horquilla ó sujetos á dos barras para abrazar los pares por los refuerzos dichos de palastro. El tirante está partido por su medio, uniéndose sus mitades por medio de un ajustador *(fig. 101)* que permite ponerlo tenso y en el que se recibe el extremo inferior de la péndola. Dando al ajustador la disposición indicada en la *fig. 1087*, puede hacérsele girar sin que lo impida el pie de la péndola, pues ésta tiene un bolsón *mn*, dentro del cual gira el ajustador *aa*.

1150. En la *fig. 1088,* los pares, puente y jabalcones con el pendolón superior son de madera, y las péndolas y tirante de hierro forjado, hallándose las uniones establecidas en cajas de fundición y sujetas, además, con pernos y cinchos. El puente está apeado por una sopanda *ss* y dos jabalcones *sn* que al mismo tiempo contrarrestan el empuje que en el punto *n* ocasiona el jabalcón *on*.

El cuchillo *(fig. 1089)* está dispuesto para una luz de 12 metros, teniendo de hierro el tirante y una péndola suspendida del pendolón de madera *hp,* el cual sirve de enlace á un puente quebrado *cpc,* cuya unión está consolidada con una banda angular de hierro. Este puente estriba en sopares *ac* que á su vez se apoyan en jabalcones *ad* y reciben al par por su medio. Al pie del pendolón está fijado un estribo de hierro, como el de la *figura 1083,* del cual cuelga la péndola y por intermedio de ésta el tirante que en la *fig. 1089* tiene el ajustador en este punto. Los otros extremos del tirante se unen por medio de horquilla á unos gatos ó manguetas *mn* donde estriba el pie del par y que abrazan el jabalcón *ad,* asegurándolo con el mismo pasador que fija la horquilla del tirante. Los ensambles del sopar *ca* con el puente *cp* y con el jabalcón *ad* se verifican, no al tope, como es lo común, sino por un corte de barbilla, asegurando con pernos el acoplado del par y sopar.

1151. En el teatro de Badajoz se ha empleado para la cubierta del escenario, que tiene 18,50 metros de anchura, el cuchillo que indica la *fig. 1090,* compuesto de pares y puente de madera, ensamblándose aquéllos en un pendolón *bc* del que cuelga la péndola *cp* de hierro para sostener el puente y servir de enlace al tirante bifurcado *apa,* el cual arranca de una banda también bifurcada *ado* que abraza el pie del par y recibe el tirante recto *oo*. La ensambladura del puente con los pares, que es á caja y espiga, se consolida con bandas en forma de Y, así como la unión de los pares con el pendolón lo hace con la *ece,* de cuyo brazo vertical parte la péndola *cp*. El extremo inferior de ésta se asegura en dos placas que retienen los extremos del tirante bifurcado por medio de pernetes. Tanto el tirante recto *oo* como el bifurcado *apa,* tienen los ajustadores *m,m* para su conveniente tensión.

1152. CUCHILLO DE SOPARES Y JABALCONES DE MADERA CON PÉNDOLAS DE HIERRO.—Los empleados en la armadura del Teatro Real de Madrid *(fig. 1091),* tienen el tirante de madera apoyado por sus extremos en dobles soleras sujetas en nudillos *nn* y los pares están acoplados á dos sopares cada uno, el más bajo de los cuales los sostienen hasta el primer tercio y transmiten la presión de la cubierta por medio del jabalcón *J* al tirante, donde por medio de un sobretirante *rr* se contrarresta con el empuje del lado opuesto. El otro sopar, que apea las dos terceras partes del par, transmite la carga por medio del jabalcón *J'* al pendolón *pc,* donde se contrarresta por el del lado opuesto, estando dicho pendolón apeado por dos piezas *mm, mm*. Cada par con sus sopares forma una viga armada, pues se halla unido á ellos por medio de abrazaderas y de su unión con los jabalcones bajan péndolas de hierro *P,P'* para suspender el tirante en los puntos de empalme porque su excesiva longitud lo exige. También el ensamble del tirante con los pares está consolidado con abrazaderas, así como los empalmes del mismo y su acoplado con la pieza central *rr* que lo refuerza.

1153. CUCHILLOS DE BIELAS CON CUERDAS Y TIRANTE DE HIERRO.—Cuando se adopta para los cuchillos la disposición de Polonceau *(fig. 1092),* el par apoya en la biela por el intermedio de una caja de hierro que lo recibe y en el extremo inferior de la biela se une una cuerda ó tirantilla *ec* y las secciones *T, T'* del tirante, el cual, como se ve, está algo levantado sobre la horizontal *aa* que pasa por los extremos inferiores de los pares. Dicha unión se verifica por medio de dos placas *bdca (fig. 1093)* entre las que entran las extremidades de la biela *B,* de la tirantilla *C* y de las secciones *T,T* del tirante, á cuyo efecto se aplanan y se las provee de un ojo para retenerlas con unos pasadores ó pernos que atraviesan de una á otra placa.

1154. Con el empleo de la madera y del hierro forjado en barras y en planchas se han construido las armaduras cuyo cuchillo se presenta en la *figura 1094,* donde cada biela, que es de madera, proporciona dos apoyos al par correspondiente por medio de los jabalcones *J, J*. Los ensambles de los pares con el pendolón y con los postes de sustentación *P* se refuerzan con planchas cubrejuntas estableciendo un excelente medio de sujeción para los tirantes *T* y las cuerdas *C* que son de hierro redondo y se enlazan á dichos pares por medio de dobles barras planas formando horquilla, como en el caso de la *fig. 945*. Las extremidades de estas

piezas que acuden al pie de la biela, se sujetan con pasadores entre dos placas de palastro como en la *fig. 1093*. Se da estabilidad á los cuchillos evitando que se tumben ó inclinen por medio de jabalcones dispuestos en ambos lados de las bielas, y desde la de cada cuchillo al contiguo, pudiendo cruzarse como aspas.

El pendolón *cp* (*fig. 1094*) se prolonga por arriba para recibir la hilera que sirve de apoyo á los cabrios de la linterna, los cuales descansan además en dos correas sostenidas por los montantes, que á su vez apoyan por su pie en las correas de la armadura principal.

1155. Se mejora el sistema de bielas con la que es movible ideada por Baudrit (*fig. 1095*), la cual tiene unos brazos *kg*, *kh*, sobre los cuales puede resbalar el par, á cuyo fin llevan unas ruedas ó roldanas por cuya garganta resbala el nervio vertical de un hierro T colocado á manera de sopar, según detalla la *fig. 1096*. Con esta modificación, que hace articulado el cuchillo, se reparte mejor el peso del par y se hace uniforme el atirantado de las cuerdas y tirantes, evitándose el riesgo de que la biela trabaje oblicuamente, puesto que es perpendicular al par por construcción.

El hierro T que hace de sopar puede prolongarse por su parte inferior (*fig. 1095*) para servir de jabalcón *ed* al par y por su parte superior para hacer de puente, dando así al par *ac* otros dos puntos de apoyo en *e* y *f*.

1156. CUCHILLOS CON CERCHONES DE MADERA Y TIRANTES CON PÉNDOLA DE HIERRO.—La disposición de la *fig. 1097*, adoptada para luces de 15 á 30 metros, es una combinación de cuchillo recto con un cerchón *aecea*, sistema de Emy, atirantado por dobles manguetas *bt* unidas por un tirante *tt* de hierro redondo sostenido por una péndola *cp* que baja de un doble pendolón *ch*. Los pares están apoyados por su medio en el cerchón y por su pie en postes de madera *ds*, que pueden estar ó no adosados á una pared, según se ve á izquierda y derecha de la figura. En su parte superior tienen los pares un apoyo *n*,*n* cada uno por medio de jabalcones que se cruzan y son abrazados por el pendolón enlazándose al cerchón por medio de manguetas *mg*.

La parte inferior del cuchillo se refuerza, cuando la luz pasa de 20 metros, con jabalcones *es* que son abrazados por las manguetas.

Los cruzamientos de todas las piezas pareadas con los pares, jabalcones y cerchas, se consolidan por medio de pernos, y el tirante tiene en su centro el ajustador ó manija para su tensión, la cual recibe el extremo inferior de la péndola.

1157. Para tinglados ó cobertizos ligeros se construyen cerchas de madera *aca* (*fig. 1098*), cuyos extremos se unen por un tirante de hierro sostenido por péndolas del mismo material *en*, *cp*, las cuales tienen su extremo superior fileteado para sujetarlas al cerchón con una tuerca y reciben el tirante en un ojo que llevan en su extremidad inferior. La cubierta es en este caso cilíndrica y su revestimiento de poco peso.

Cuando la luz ha de ser mayor de 7 metros, se agregan al sistema anterior dos pares de madera *ac*, *ac* (*fig. 1099*) para hacer planas las vertientes, enlazándolos al cerchón por medio de montantes ó piezas verticales *M* y completándose la rigidez del sistema con cruces de San Andrés, todo ello de madera.

Tienen estos cuchillos la ventaja de que se pueden armar y desarmar con facilidad, lo que permite transportarlos de un punto á otro.

1158. CUCHILLOS DE TIRANTE SECCIÓN I Y PÉNDOLAS DE HIERRO REDONDO.—La *fig. 1100* representa un cuchillo de 20 metros de luz, fácilmente desmontable para poderse transportar de un punto á otro. Se enlazan con los postes *A* de sustentación por medio de jabalcones dobles de madera *ba* que evitan se abra el ángulo formado por los pares y los postes para que éstos no se desplomen ó pierdan su verticalidad y proporcionan un apoyo al par, el cual tiene además otros en jabalcones *J*,*J'*, cuyos esfuerzos de compresión transmiten á las péndolas de hierro redondo *P*,*P'* y al pendolón.

El tirante, que en este ejemplo es de hierro laminado sección I, está ligeramente peraltado en su medio y su colocación es de plano y no de canto, con objeto de que sirva de apoyo á los pares y á las uniones de las péndolas con los jabalcones.

Las escuadrías que tienen marcadas en la figura las diferentes piezas que componen el cuchillo, están calculadas para resistir el peso de un revestimiento de palastro ondulado, suponiéndose que la armadura tiene los cuchillos á 3^{m}70 de distancia unos de otros.

1159. CUCHILLOS DE PARES DE MADERA APOYADOS EN UN ARCO DE HIERRO.—Fundándose en la conveniencia de dar

forma curva á las piezas expuestas á doblarse por flexión para que este esfuerzo sea de compresión, en cuyo caso la resistencia del hierro es cien veces mayor, se ha pensado aplicar á las armaduras de cubierta los arcos de hierro y se han adoptado para ello varios sistemas.

En la *fig. 1101* se presenta el ejemplo de un arco de 9 metros de luz *epe* formado de dos hierros angulares á los que se da la curvatura conveniente. Los pares de madera *ac, cb,* se apoyan sobre este arco por el intermedio de barras planas ó montantes *ns*, completándose el sistema con jabalcones que le dan rigidez y con un tirante *T* suspendido en su medio por la péndola *op*. El arco apoya contra los postes en ménsulas de hierro colado *M (figura 1102)* y los pares que descansan de plano sobre los postes están asegurados en su posición por planchas *bb* de 5 milímetros de grueso que cubren la unión por ambos lados.

Los montantes ó barras de enlace *B,B* entre los pares y el arco, son cojidos entre los hierros angulares que forman éste fijándose con pernetes, y los jabalcones se acodan por sus extremos *ec, ec* para ser atravesado por dichas barras. El tirante tiene sujetas sus extremidades por medio de dos barras *pa* que abrazan en forma de horquilla al poste y al arco, asegurándose en el primero con un pasador ó perno. Se asegura también el tirante haciéndole atravesar el poste y fijando sus extremos con tuercas *T (fig. 1103)* que, apretándose más ó menos, lo atirantan ó aflojan. La unión de los pares con la hilera *(fig. 1104)* se asegura con planchas *cc, c'c'*, que por uno y otro lado se atornillan á los pares y á las que se hace el corte conveniente para el paso de la hilera: de ellas mismas cuelga la barra ó péndola *P,P'* mediante una combinación de escuadras que demuestra claramente la sección dibujada á la derecha. En ésta misma se ve la manera de descansar la hilera *H,H'* sobre escuadras *A, A',A'* en el ensamble de los pares, cuya colocación es de plano, asegurándose la hilera en su posición vertical con escuadras abiertas *E,E*.

Siendo el desarrollo de los arcos mayor que el largo de los hierros del comercio, los empalmes se verifican interponiendo entre los dos hierros angulares otro de ┬, como se ve en la sección *AB*, asegurándose la unión con pernetes ó roblones.

Para el apoyo de los pares de dos cuchillos contiguos en un mismo poste *(fig. 1105)* se emplea un sombrero de fundición *aca* que cubre la cabeza del poste y recibe el pie de los pares en cajas dispuestas al efecto.

Las correas, cuya longitud es de 4^{m}275, se aseguran en los pares por medio de escuadras-ejiones y están reforzadas con una barra arqueada *acca (figura 1106*, lámina XXXI) en una de sus caras. Los cabrios son barras planas colocadas de canto á 1^{m}07 de distancia y se fijan en las correas por medio de escuadras. Asientan sobre estos cabrios fijándose con otras escuadras *ec (fig. 1107)*, unos hierros horizontales *bd* dispuestos á 0^{m}364 unos de otros, que es el largo útil de las tejas que forman el revestimiento de la cubierta, pues su objeto es retenerlas, como se indica en la figura.

En armaduras de esta clase, el hierro se emplea algunas veces para postes, siendo de madera los jabalcones que apoyan en ellos, y en este caso puede roblonarse en las alas ó brazos del poste *P (figura 1108)* una escuadra *E* donde descanse el pie del jabalcón *J*, sujetándolo por medio de dos planchas *abc, a'c'* que se doblan por sus bordes *cb, c'* y lo reciben en medio, sujetándolo por medio de dos pernos que lo aprietan sin dejarlo salir de la escuadra.

1160. CUCHILLOS CON PARES DE MADERA APOYADOS EN UN HIERRO POLIGONAL.—La *fig. 1109* presenta un ejemplo muy simple de cuchillo empleado en talleres, de una anchura de 10 metros. Se compone de dos pares de madera *ac, ca*, apoyados por su pie en zapatas de hierro colado que se aseguran á la fábrica de la pared por medio de llaves verticales *ev* y sostenidos por un hierro *dgnd* de sección ┬ formando una línea quebrada que hace las veces de sopares *gn* apoyados en jabalcones *gd* y contrarrestados por un puente *nn*. La parte *gd* se encuentra arriostrada con el pie del par por el gatillo *am*. El sistema se asegura por medio de un tirante de hierro redondo sostenido en su medio por la péndola *co*.

1161. En la *fig. 1110* el hierro poligonal está separado de los pares, pero enlazado con ellos por barras planas, formando un enrejado que proporciona varios apoyos á los pares y excusa el tirante.

1162. CERCHONES DE HIERRO ACOPLADOS Á CUCHILLOS DE MADERA.—Con hierros planos arqueados que se acoplan de canto y se fijan por ambos lados en las piezas de un cuchillo de madera, como se ha indicado para reforzar la correa *(fig. 1106)* y también se ve en la *1084*, se compone el sistema ideado por Bau-

drit y representado en las *figs. 1111* y *1112*, en el cual la resistencia es debida solamente al hierro, pues la madera no tiene más objeto que mantener á éste en su posición vertical sin trabajar con él; pero impidiéndole perder su rigidez y estabilidad. Es un sistema muy empleado en cobertizos ó tinglados.

Para luces de 10 á 15 metros *(fig. 1111)*, los cerchones *aca* tienen de 80 á 90 milímetros de anchura por 7 á 9 de grueso, y se acoplan á pares de madera *ed* de 22 centímetros por 8 ú 11 de escuadría, cuyos pies se unen con un tirante sostenido en su medio por un pendolón *od*.

En luces mayores, los arcos vienen á ajustarse en pares quebrados de cuatro pendientes *(figura 1112)* para las de 20 metros, y de seis, ocho, diez pendientes para las de 30, 40, 50 metros y así sucesivamente. El tirante se sostiene por péndolas suspendidas de los ángulos que forma el polígono de los pares.

1163. Un ejemplo de cuchillo de este sistema, es el de 14 metros de luz representado en la *figura 1113)*. Los cerchones *beac* se adosan á los pares *dr* y al puente *aa*, manteniéndose verticales en la parte que no abrazan á estas piezas por medio de roldanas de hierro *(fig. 1114)* interpuestas entre ellos y cuyas espigas *e,e* entran en taladros practicados en los cerchones. Éstos se fijan en los pares por medio de pernos dispuestos á trechos.

Los pares se unen al tope por su extremo superior, asegurándose con dos placas de palastro de 7 milímetros de espesor *(fig. 1113)* que abrazan también el pendolón. Por su pie *d* ensambla cada par en un poste *db* formado de tres piezas *(figura 403)*, acoplando los cerchones en la junta de la central *C* con las laterales *B,B* para lo que se practican en las tres las escopleaduras oportunas. Este ensamble se asegura con pernos de 18 milímetros de grueso, los cuales se colocan también á trechos en el resto del poste para que sus tres piezas formen un todo. La ensambladura de los pares con el puente se consolida con bandas de hierro indicadas en *a,a (fig. 1113)*. El tirante de hierro *et* enlaza los postes en su unión con los pares por medio de una placa de 7 milímetros de grueso y una tuerca *t* que sirve de ajustador, evitando la separación de los pares y el desplome de los postes. El pendolón se une al puente en el punto *c* por dos escuadras de hierro colocadas en sus costados y del mismo cuelga la péndola *nc*, valiéndose para ello de otras dos escuadras, entre las cuales se recibe y sujeta por un pasador ó pernete. Por su extremo inferior *n* sostiene la péndola al tirante por medio de un hierro doblado en forma de bolsón, como el que se representa en la *fig. 954*.

También los cerchones se hacen descansar en la pared empotrándolos bien en la fábrica *(figura 1115)*. En este caso, pueden los pares estribar en una zapata de hierro *Z*, en la que entran además los extremos del tirante, como en la *fig. 1079*, fijándose en ella por medio de tuercas *t*.

La *fig. 1116*, que representa la parte superior del cuchillo, demuestra cómo uno común ú ordinario puede servir para dar luz lateral, prolongando el par hasta *v* con objeto de servir de apoyo á la vidriera *va*.

1164. Cuando se emplea la disposición que representa la *fig. 1112* en cuchillos de seis vertientes, los empalmes *a,b,c* se verifican en cajas dobles de hierro colado enlazadas entre sí por placas de ensamble; y los cerchones de hierro plano, antes reseñados, se fijan en ambos lados de la madera por medio de pernos, completándose la rigidez del sistema con el tirante *dd* (cuyos extremos se fijan en zapatas de hierro, como se acaba de indicar) y con las péndolas *P,P* que lo sostienen de los puntos de empalme. Los ejiones donde descansan las correas de madera son escuadras de hierro.

ARTÍCULO VIII

Composición de armaduras de hierro á dos vertientes con piezas rectas.

1165. VENTAJAS DEL HIERRO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS. — Con el hierro y con el acero se pueden reproducir todas las armaduras ó cuchillos de madera que hemos descrito, sin que se encuentren las dificultades que este último material presenta por sus reducidas dimensiones. El hierro se presta á formar cuchillos sin tirante ni puentes y sin bielas ni jabalcones, adoptando para pares la disposición de las grandes vigas, que por sí solas presentan la suficiente rigidez y resistencia; pero uniéndolas de manera que constituyan una sola sin producir empujes en los apoyos ó paredes, tal como resulta de los sistemas representados en las *figs. 901* á *904*.

Estas ventajas y su incombustibilidad hacen que,

cuando se trata de salvar grandes luces ó espacios, se acuda al hierro con preferencia á la madera, advirtiendo, sin embargo, que no se debe olvidar que las grandes armaduras han de tener cierto juego en sus ensambles para prevenir los efectos de la dilatación.

1166. CUCHILLOS DE HIERRO COLADO.—Estos cuchillos, que hoy rara vez se aplican en la construcción de cubiertas, se adaptaban á la figura circular por la parte interior *(fig. 1117)* y á la recta por el exterior para conseguir las dos vertientes, formándose como en la figura, cuando son de reducidas dimensiones, pues cuando no, las piezas de que tienen que componerse serían difíciles de fundir y de manejar, y se forman de varios trozos. En ambos casos se divide el cuchillo en varios trozos, según los radios de la curva de intradós, como las dovelas de una bóveda, y su unión se verifica dando á las juntas *aa* anchos rebordes á escuadra perfectamente planos, á fin de que presenten la superficie de contacto suficiente para fijarla con tornillos ó pernos, como se ve en la *fig. 125.*

1167. En armaduras de grandes luces, los cuchillos son cerchones limitados por dos arcos concéntricos y divididos en verdaderas dovelas, como aparece en las *figs. 1118* y *1119*, la primera de las cuales representa la parte inferior ó el arranque de un cerchón de 41^{m}60 de diámetro y la segunda la cumbre de la cubierta formada por una linterna de 12^{m}50 de diámetro: la armadura corresponde á una cubierta cónica.

Cada cerchón se compone de 15 dovelas en cada lado formadas de bastidores de hierro, subdivididas en tres compartimientos las nueve inferiores y en dos las restantes, debida esta diferencia á que van decreciendo en longitud y en altura ó espesor desde los arranques á la linterna.

Los cerchones descansan por cada lado en un sillar *(fig. 1120)* por el intermedio de una pieza de hierro colado *baab* de 10 $^{c}/_{m}$ de grueso, la cual abraza dicho sillar por los costados *ab*, *ab*, fijándose en él, tanto la placa como el cerchón, por medio del perno *pn* empotrado y emplomado en el sillar. Los taladros *d*, donde entran las espigas que tienen las primeras dovelas para fijarlas en las placas, deben ser prolongados para que en ellos pueda moverse el cuchillo en los cambios atmosféricos.

La unión de la dovela superior con la linterna, se detalla en la *fig. 1121*, fijándose la posición de esta última por medio de una barra ó viento *vv..tt.* Los pares ó cabrios de la linterna se unen en el vértice de la armadura á un anillo circular de hierro fundido *(fig. 1122)* en que termina la cubierta.

1168. CUCHILLOS DE PALASTRO.—Cuando se ha de emplear el palastro en armaduras de cubiertas, se componen los cuchillos de las mismas piezas que si fueran de madera, pero adoptando la sección de T ó doble T (868) cuya alma es el palastro y las cabezas hierros angulares para las vigas que hacen el oficio de pares, jabalcones, puentes, tirantes y péndolas, aunque estas dos últimas piezas se hacen muchas veces de barras planas ó redondas. Las uniones se verifican por el intermedio de planchas de cubrejunta, escuadras y roblones y en ciertos casos con pernos.

La *fig. 1123* presenta el pie de un par sección I, formado de un alma de palastro y de cantoneras en sus cabezas, sin que el calado que decora aquél perjudique á su resistencia, pues se halla en la línea neutra. El par viene á descansar sobre una cartela de palastro también calado, pero reforzada con cantoneras formando triángulos, por medio de las cuales se une el par con las columnas ó apoyos de hierro colado, cuya sección es cuadrada ó afecta formas como las de la *fig. 404*, para que puedan sujetarse con pernos ó pernetes los hierros angulares de dicha cartela. El ensamble de las correas en los pares se ha procurado que caiga en las juntas de los palastros que constituyen el alma de aquéllos, á fin de que con la plancha de ensamble *ac (fig. 1123)* haya la suficiente resistencia para fijar las escuadras *es (fig. 1124)* con que se aseguran dichas correas en los costados de los pares, cuyas correas, como se ve, son hierros de sección I y se apoyan además en escuadras *sd* que les sirven de peana ó cartela.

1169. Uno de los cuchillos más importantes construidos de palastro, es el del sistema Polonceau representado en la *fig. 1125*, cuya luz es de 40 metros. El palastro está aquí aplicado lo mismo en las piezas comprimidas como las bielas *B*, que en las que están sometidas á flexión como los pares y en las atirantadas como las cuerdas y tirantes *T*, *T*, *T*, adoptando en todas la sección I, excepto en la péndola *P* que es una barra plana. Las planchas que constituyen los nervios de los pares y del tirante, se ensamblan según un corte de diente *abc (figura 1126)*, cubriéndose por ambos lados con planchas que se extienden en el par y en el tirante hasta las líneas *cd*. El encuentro de las demás piezas se

efectúa cortando convenientemente los palastros y uniéndolos por medio de planchas de ensamble, como puede observarse en las *figs. 1127* y *1128*, que detallan el encuentro ó el apoyo de los pares sobre las bielas centrales y sobre el pendolón. En la primera figura, la plancha de ensamble *naan* cubre el empalme de las dos tirantillas ó cuerdas *T*, *T*, con la biela *J*, asegurándose con roblones, y en ella aparece también el ensamble de una correa de la que se ve solamente su alma vertical *rr*, fijada por escuadras *es* al par *A*. La hilera se ensambla en la unión de los pares, del mismo modo que las correas (*fig. 1128*), diferenciándose de ellas en que los hierros angulares ó cantoneras que forman sus cabezas, son abiertos en la inferior *c* y cerrados en la superior *a*, para acomodarse á la inclinación de las vertientes. El pendolón *P* se fija por su extremo superior con tres roblones que también pudieran ser pernetes y se ensambla en el tirante por su parte inferior, introduciéndose entre las cantoneras que forman las cabezas de éste y en lugar del alma del tirante que queda aquí cortado, pero sujetándose las tres piezas por medio de dos cubrejuntas ó planchas de ensamble.

1170. El palastro, como se ve, exige una costosa mano de obra en la operación del roblonado, y aunque ha sido muy usado durante algunos años, se acude hoy con preferencia á los otros hierros laminados porque con ellos se facilita la ejecución de toda clase de obras, empleándose solamente el palastro cuando se buscan efectos decorativos, como se ha indicado al tratar de la *fig. 1123* y de que dan también una ligera idea las *figs. 1129* y *1130*. La primera está formada de hojas de palastro, reforzadas con cantoneras ú otros hierros en sus contornos y tiene calado dicho palastro, según dibujos aislados, á fin de no quitarle fuerza, contribuyendo á la decoración el recorte de su canto inferior *ac* que forma el intradós del arco y sobresale de las cantoneras arqueadas *ac*. Las correas y la hilera pueden obedecer al mismo sistema, trazando el dibujo de sus calados y recortes en armonía con los del cuchillo.

La *fig. 1130*, que consta de pares curvos apoyados por su parte superior en un puente por el intermedio de piezas verticales *ap*, tiene igualmente formadas sus piezas de palastros calados que se refuerzan por sus bordes con cantoneras. Las piezas *ap* sirven de montantes para recibir por su cabeza *a* los parecillos *ah* de la linterna que además están sostenidos por un hierro arqueado como se ve en la figura, pudiendo ser de palastro calado el espacio intermedio, el cual por su parte superior sirve de apoyo á la hilera *h*, empleando para ello, así como para el ensamble de las correas *C* en los pares arqueados, unas planchas de refuerzo del mismo modo que se explicó al tratar de las *ac* (*figura 1123*).

1171. CUCHILLOS DE HIERRO FORJADO.—Aunque el hierro forjado en barras planas se aplica pocas veces simplemente para formar los cuchillos, presentamos en la *fig. 1131* un ejemplo para detallar la manera de llevar á cabo varias ensambladuras del hierro. Los pares se unen entre sí al tope y son abarcados, así como el pendolón, po una pieza doblada en forma de U cerrada, según se detalla en la *fig. 1132*, de cuyos brazos *ab* pende el pendolón *P* por medio de dos pernos *T*, *T*. De mismo modo cuelgan las péndolas y análogament se suspende de estas piezas el tirante. La estribació de los pares en los extremos de éste, puede verificarse por medio de un ensamblaje de barbilla, com en la madera, reforzado con cinchos como se detall en la *fig. 1133*, lo cual es poco estable, ó dando a extremo del tirante la forma ahorquillada, como s representa en la *fig. 1134*, para darle más fijeza recibiendo entre sus brazos la extremidad del pa que se retiene por medio de pernos *T* ó de cuñas como las *cc*, *c'* de la *fig. 950*.

El pendolón y las péndolas terminan por arrib en una horquilla (*fig. 114*) para abrazar la unió de los pares ó el respectivo par, lo cual se asegur con pernos ó clavijas. Por la parte inferior puede las péndolas y el pendolón tener un agujero po donde pase el tirante de la manera indicada en l *fig. 115*. Lo general es, sin embargo, suspende éste por medio de unos estribos *aca* (*figs. 113* y *1136*) que se aseguran con dos pernos ó con un También se verifica la suspensión empleando do placas iguales ó gemelas *ad*, *a'd'* (*fig. 1137*), qu reciben y sujetan la péndola *P* y las dos partes d tirante *T*, *T*, *T'*, *T'*. La *fig. 112* indica otra ma nera de suspender éste, cuando no se presenta d canto sino de plano, dándole entonces una ensan cha en el punto que lo atraviesa el extremo de la péndolas y sujetando por medio de una clavija *C* l extremidad de estas piezas. Siendo de hierro redon do las péndolas, la suspensión del tirante se pued hacer con una tuerca *R* (*fig. 1138*) que se atorni lla en la extremidad de aquellas piezas sosteniend el tirante *T*.

La hilera, las correas y demás medios de arriostrar ó enlazar los cuchillos de una armadura, tienen los extremos en T ó en codillo *(fig. 113)* para adaptarlos ó unirlos á los costados de los pares ó de los pendolones, asegurándose la unión con pernetes.

1172. Los cuchillos de hierro no se forjan hoy en los talleres ordinarios del herrero sino es en casos especiales y para pequeñas luces, pues el laminado del material facilita combinaciones en que solamente hace falta cortarlo á la medida conveniente y unir las diferentes piezas que han de componer la obra; y aun este trabajo se reduce considerablemente porque los grandes talleres de montaje que se hallan anejos á las fundiciones proporcionan armadas las diferentes secciones en que se divide el cuchillo, faltando solo ajustarlas en la misma obra.

1173. CUCHILLOS DE PARES LAMINADOS SIN TIRANTE.—La resistencia que presentan los ensambles de hierro permite que en luces pequeñas pueda suprimirse el tirante si se sujetan fuertemente los extremos superiores de los pares por medio de planchas de cubrejunta *abba (figura 1139)* que se fijan con ocho pernos ó roblones cuando menos, cuatro en cada par, para que no permitan que se abra el ángulo *bcb* formado por ellos en la cumbre.

Cuando los pares tienen poca anchura, la plancha que los une no ofrece la suficiente rigidez para evitar que se abran aquéllos y que empujen los muros en que estriban, por lo que, en este caso, que es el de la *fig. 1140*, se da más extensión á las cubrejuntas recortándolas en forma de arco por su canto inferior, ó dándoles la forma que indica la *fig. 1141.* En ambos casos conviene colocar una contraplancha en el espacio triangular *a o a* que supla el grueso del alma ó nervio de los pares y roblonarla con las cubrejuntas para que éstas tengan más resistencia.

Las dos últimas figuras indican dos maneras distintas de armar las vigas que sirven de pares. En la *1140* son dos hierros de ⊤ que se acoplan por sus cabezas presentando la sección de una cruz, y la *fig. 1141* ofrece unas vigas de sección ⊤ formadas de una faja de palastro como alma y de dos hierros angulares ó cantoneras para constituir los brazos.

La hilera se ensambla en la cúspide de los cuchillos de un modo análogo á las correas (1066). En la *fig. 1139* las escuadras de sujeción *es* que por ambos lados la fijan, contribuyen á consolidar el ensamble de los pares, y lo mismo sucede en la *fig. 1140* en la que la hilera se compone como los pares de dos hierros ⊤ cosidos por sus cabezas formando sección de cruz. Cuando se coloca encima de los cuchillos se asegura en su posición *(figura 1141)* por medio de escuadras abiertas *ecs*, las cuales pueden sustituirse con barras acodilladas por sus extremos *(fig. 160)* para fijarse por uno de ellos en el par y por otro en la hilera.

Los cabrios descansan sobre las correas, como ya se indicó para los cuchillos de una vertiente (1067) y se unen en la cumbre los de una con los de la opuesta por medio de la hilera, en la que se sujetan con una barreta *(fig. 154)* ó por medio de escuadras, como indica la *fig. 159)*. Cuando los cabrios son hierros angulares ó de T sencilla, puede cortárseles parte de uno de sus brazos y doblar el otro, como se hace con los *A* y *B* de la *fig. 160* para sujetarlos en la parte saliente de la hilera *eh.*

1174. Se hacen cuchillos empleando en pares fuertes cantoneras ó hierros angulares que se cruzan como tijeras *(fig. 1142)* y estableciendo unos montantes *ca* que apoyen los extremos *a* de la prolongación de aquéllos, con lo que se hacen triángulos *aoc* y se impide de este modo que se abra el ángulo *bob* que forman los pares: el pie de éstos se apea en cartelas *C.* Estos cuchillos pueden adoptarse en luces menores de 8 metros y cuando se necesite una linterna de luz ó ventilación, la cual se consigue por los costados *ac* donde han de ponerse vidrieras ó persianas. El tejadillo *ada* se forma de hierros ⊤ de vidriera, y las correas se hacen de cantoneras *c* como los pares, fijándose en ellas los montantes *ac* de la linterna.

1175. CUCHILLOS DE PAR, TIRANTE Y PENDOLÓN.—La *fig. 1143* presenta una disposición muy simple compuesta de dos pares *ac*, *ac*, de sección I de hierro laminado, que se unen sólidamente en la cúspide *c* por medio de planchas de cubrejunta y entra su extremo inferior en zapatas de hierro á las cuales se sujetan por tres pernos: las zapatas se fijan en la fábrica del muro por medio de pernos verticales, pero de manera que puedan avanzar ó retroceder cuando se dilate ó contraiga el cuchillo. Para contrarrestar el empuje que estos pares pudieran ejercer contra las paredes que están separadas 9m80, se unen los pies de aquéllos con un tirante *dt* hecho de hierro

redondo y suspendido en su centro por una péndola de la misma clase. El tirante está formado en cada uno de sus extremos por dos barras planas gemelas que abrazan el par respectivo y el tirante, reteniéndolos con un pernete cada uno del mismo grueso que el tirante y del modo que se detalló en la *fig. 945*. En su centro, el tirante, dividido en dos, se une al pendolón por el intermedio de dos placas como las de la *fig. 1137*, con la diferencia de que el extremo de aquél pasa por entre ellas y es retenido por una tuerca en forma de adorno torneado. Por su parte superior se ensamblan los pares entre sí mediante cubrejuntas ó planchas de ensamble *acdea (fig. 1144)*, sobre las cuales van otras de palastro fuerte cuya parte inferior es saliente, para recibir entre ellas el extremo superior de la péndola *P, P'* y retenerla con un perno *n, n'n'*. Para la colocación de estas planchas, cuando su grueso no salva la salida de los brazos de los hierros I, hay que recortar ó limar éste en la parte *cd* ó poner más contraplanchas de relleno que enrasen con dichas cabezas y fijar encima las que reciben la péndola.

La linterna se forma empleando para cada montante *B (fig. 1143)*, dos barras planas que se cosen por su medio con roblones y se acodillan convenientemente por sus extremos, abriéndose para formar por abajo un pie que se fija con pernos en las cabezas de los pares y por arriba, para recibir del mismo modo los parecillos *bhb*, que por su corta longitud pueden ser hechos de una pieza doblada en su medio *h* para formar las dos vertientes.

Cuando el tirante ha de llevar un cielo raso ó techo, se hace de hierro laminado como los pares *(fig. 1145)*, dándole la sección suficiente para que sirva de viga maestra, pues en su costado han de ensamblarse otros hierros ó viguetas *V* que pueblen el espacio comprendido entre cada dos cuchillos. El pie de los pares se ensambla con el extremo del tirante, empleando planchas cubrejuntas *abd*, para lo que tiene que cortarse la parte *as* de la cabeza del tirante, dando base á este ensamble, para que se mantenga vertical el cuchillo, por medio de hierros acodillados *eds, e's'*, cuyos brazos verticales se roblonan al ensamble y los horizontales descansan en una placa de mayor extensión. La base así formada se fija por medio de pernos *N,N'* que penetran inferiormente en la fábrica de la pared. La péndola recibe la viga-tirante del mismo modo que se cuelga de la cumbre del cuchillo, es decir, por medio de planchas que abrazan por uno y otro lado el tirante y á las que se sujeta con un perno.

1176. El pie de los cuchillos puede descansar también sobre las paredes de los distintos modos que se enunciaron al tratar del asiento de los semicuchillos (1070). Cuando los cuchillos tienen mucha luz, los movimientos de contracción y dilatación se suavizan colocando rodillos debajo de las zapatas ó pie de los cuchillos para que puedan éstos resbalar sobre una placa ó losa de asiento que para este efecto se dispone sobre la pared.

El apoyo de los pares en postes de hierro laminado puede hacerse como indica la *fig. 1146*, por medio de planchas de ensamble *ecb*, para lo cual se cortan las alas de los hierros I en la parte *aoc*, á no salvar estos salientes con contraplanchas.

Si los cuchillos han de apoyarse sobre columnas de hierro colado *(fig. 1147)*, se disponen éstas con una prolongación *C* por encima del capitel, dándole la sección cuadrada hueca para fijar el ensamble del par y del tirante. Generalmente se coloca una cartela *car* que recibe el par en su lado inclinado *ac* y lo sujeta con pernetes fijándose á la columna del mismo modo. Estas cartelas pueden formarse con hierros de T en sus lados vertical é inclinado y con un hierro plano en la parte curva *cor*, asegurándose con planchas de ensamble el ángulo *a* y por simple yuxtaposición roblonada los ángulos agudos *c, r*. El triángulo está reforzado por un hierro plano *ao* que lo subdivide en otros.

En cubiertas de poca luz, los pares y los tirantes de hierro laminado que apoyan sobre postes de la misma clase de material, se ensamblan como se indicó en la *fig. 955*, ó según se ve en la *1148*: en esta los postes *P, P'*, reciben una carrera *C, C'*, que se fija en ellos por medio de escuadras y sobre ella descansan el tirante *T* y el par *A*, sujetos entre sí por pernetes *t*. El tirante se fija en la carrera por medio de una escuadra para lo que se corta antes á aquél la parte del brazo horizontal inferior que lo impide, según puede observarse en la sección, aunque también puede emplearse una barra acodillada como la *esd (fig. 1145)* para que se ciña al hierro ⊏ de la carrera.

Algunas veces descansan los pares en la cabeza superior de las vigas ó carreras dispuestas en un espacio dividido en crujías por medio de postes ó columnas donde aquéllas se apoyan. En este caso pueden emplearse planchas de ensamble *bsn (fi-*

gura 1149) que enlacen los pares de los dos lados de la viga, fijándose en la cabeza de la misma por medio de escuadras *es*, que se roblonan en ella y sujetan el ensamble con pernos ó pernetes.

Los pares pueden apoyar en la cabeza de la viga ó carrera del modo que lo hace el *P* de la *fig. 1150* ó estribar contra una escuadra *ac* dispuesta en el sentido de dicha carrera.

Los pares descansan algunas veces en las alas inferiores de las carreras *(fig. 1151)* sujetándose á ellas por medio de escuadras *es* que vienen del taller roblonadas al par y se fijan en la obra á la carrera, empleando pernetes.

La *fig. 1152* representa el ensamble de par y tirante formados de hierros angulares que apoyan en el costado de una carrera. Los hierros angulares se roblonan entre sí para formar sección T, cuya cabeza se refuerza con una barra plana ó faja de palastro. Para efectuar la unión del par con el tirante se interpone entre las cantoneras la plancha de ensamble *acdb*, haciendo para ello las hendiduras correspondientes en las barras que refuerzan las cabezas del par y del tirante. El ensamble se sujeta en la carrera *ar* por medio de escuadras *es* que se roblonan en la plancha de ensamble y se fijan en aquélla por medio de pernetes *N*.

Los tirantes, cuando son barras redondas, se sujetan en el pie del par dándoles la forma de horquilla *(fig. 946)*, ó componiéndolos de dos barras, como indica la *fig. 1151*. En uno y otro caso se colocan rodajas que enrasen las cabezas de los pares ó se roblonan al alma del par unas contraplanchas de relleno que tienen la ventaja de reforzarlo en este punto.

La *fig. 1153* representa en detalle el pie de un cuchillo de par y tirante apoyado en postes de dobles hierros laminados [y apeado por un jabalcón *J* que á su vez recibe un virotillo *P*, ambos de barras planas. Los pares y tirante están compuestos de hierros angulares formando sección T que facilitan el ensamble introduciendo entre ellos y los del poste, la plancha *dbac*. El jabalcón *J* y el virotillo *P* se roblonan antes de ponerlos en su sitio en planchas de ensamble convenientemente recortadas; la *fge* se introduce entre los hierros del poste; la *nmo* entre los del par y la *kh* entre los del tirante, sirviendo además para fijar el ángulo que forman el virotillo y el jabalcón con las otras piezas.

1177. CUCHILLOS DE PUENTE Y TIRANTE.—En ciertos casos, cuando la pendiente de la cubierta es fuerte, puede emplearse un puente *aa (fig. 1154)* para evitar la flexión de los pares. En este ejemplo, los pares son viguetas de sección I y el puente se forma con dos hierros [para cuyo ensamble con los pares hay que emplear contraplanchas que salven la diferencia entre el grueso del nervio y las cabezas inferiores de los pares ó cortar las alas de éstos, sujetando en ambos casos la unión por medio de pernos que atraviesan los nervios de ambos hierros [y el intermedio correspondiente al par. La separación de los hierros [se mantiene con rodajas en los puntos *r, r*. La péndola, que es una varilla de hierro, pasa entre los dos puentes para recibir en su extremidad inferior el centro del tirante y se cuelga de la unión de los pares en la cumbre por medio de un hierro especial en forma de T, cuya cabeza tiene la figura angular que marca la inclinación de los pares y se fija en las alas inferiores de éstos por medio de pernetes.

Empleando hierros T lo mismo para los pares que para el puente, se efectúa el ensamble de éste, si es sencillo, y los pares, con ayuda de planchas de cubrejunta que, como se ve en la *figura 1155*, se recortan convenientemente para abarcar los nervios del par y del puente, lo cual exige se corte el ala inferior del par en la parte *oa*.

1178. En la *fig. 1156* presentamos un ejemplo de cuchillo en que el tirante es bifurcado y se forma con dos barras planas *dp, pb*, que se unen en la péndola *cp*, también de hierro plano. Ésta pasa por entre los dos hierros angulares del puente *aa*, los cuales al unirse con los pares lo efectúan sin necesidad de cortar las alas del hierro I de éstos, pues se interponen tablas de madera dura, cuyo grueso es la salida de dichas alas, según aparece en *ac, a′c′ (fig. 1157)*. De este material son también las roldanas que deben mantener separados y paralelos los dos hierros angulares que constituyen el puente. El pie de los pares *(fig. 1158)* descansa en la pared por el intermedio de una plancha *cc*, en la que se asegura con escuadras roblonadas *cesc* que no le dejan movimiento, fijándose la plancha en la fábrica de la pared ó mejor en un sillar por medio de pernos *P*, abiertos por su extremidad inferior para su empotramiento. Los tirantes tienen sus dos extremos abiertos en forma de horquilla. Por uno de ellos abrazan al par en el que se sujeta con un perno *nn* empleándose rodajas de hierro para salvar las alas del par. Por el otro extremo,

las horquillas no tienen la misma abertura, á fin de entrar la de un tirante en la del otro *(fig. 1159)*, y abrazan la péndola *P* asegurándose el enlace con el perno *nn* que atraviesa dichas horquillas, los tirantes *T, T', T, T'*, y el extremo de la péndola *P*.

Los cuchillos de tirante y puente ó poligonales, pueden aplicarse á luces hasta de 20 metros sin necesidad de jabalcones, empleando vigas de I ó de celosía para pares, como ya se ha indicado (1166).

1179. CUCHILLOS DE TIRANTE, JABALCONES Y PÉNDOLAS.—El de la *figura 1160*, empleado para una luz de 13 metros, se compone de pares de hierro I apeados en dos puntos por jabalcones oblicuos *J* de hierros T y atirantados por un tirante de hierro redondo *T* sostenido por péndolas *P* de lo mismo. Los pares estriban en zapatas de hierro fundido, las cuales son abrazadas por la horquilla de los tirantes, y los jabalcones apoyan por su extremidad inferior en piezas especiales de hierro, que son atravesadas por dichos tirantes y por las péndolas que les sirven de sostén mediante unas tuercas que las rematan inferiormente. El ensamble de los pares entre sí y con los jabalcones y péndolas, se verifica con el empleo de dobles placas de palastro, como en otros ejemplos.

El sistema de unión de las péndolas y jabalcones con los pares y tirante, les permite tener cierto movimiento en sus ejes ó pernos de sujeción y constituyen, por lo tanto, un sistema articulado que facilita los movimientos de la dilatación y contracción del hierro.

1180. La *fig. 1161* representa otro cuchillo de $13^{m}10$ de luz en que los pares y los jabalcones son de hierro sección de T y del redondo las péndolas y tirante. Para el ensamble de los jabalcones con los pares se emplean dobles barras planas *ad (figura 1162)* que se roblonan en el nervio del jabalcón y defienden el taladro del par donde entra el perno de suspensión de la péndola *P*. Por su extremo inferior se quita al jabalcón *J* parte de su nervio y se dobla la cabeza que queda para ensamblarse con el tirante (que en esta parte está aplanado) y con la péndola, la cual atraviesa ambas piezas para sostenerlas, según puede observarse en la figura, por medio de una tuerca. Los pares insisten sobre el muro empleando dos planchas dobladas á escuadra *bde (fig. 946)*, una en cada lado, las cuales reciben el par entre sus lados verticales y descansan en la pared por la parte horizontal *d'e'* que se fija con pernos *P, P'*, aunque dejando algún juego en los agujeros (1070) para que el cuchillo pueda obedecer á las variaciones de temperatura. Los pares son hierros T de pequeña sección, debido á que los cuchillos sólo distan $2^{m}54$ unos de otros, en vez de 4, como en los ejemplos anteriores, así es que las correas son ristreles de madera reforzados por cantoneras, las cuales son abiertas en el punto *c*, á fin de servir al mismo tiempo para fijar los montantes *ac* de la linterna: éstos son de hierro colado *(fig. 1163)* y en sus costados encajan las tabletas *tt* de unas persianas. Los parecillos de la misma linterna se hacen de un solo hierro T para las dos vertientes, doblándolo por su medio *o* para tomar la inclinación de las mismas y sobre él se fija con pernetes un hierro *oh* de sección Y que recibe dos piezas de madera para formar la hilera que enlaza unos cuchillos con otros. Sirven también á este objeto las cantoneras de las correas que se roblonan en las cabezas de los pares y se cosen á los listones de madera por medio de tornillos dispuestos de trecho en trecho para que aunen sus resistencias.

Los puntos de encuentro de los jabalcones y péndolas con los pares, llamados *nudos*, son articulados, como en el ejemplo anterior, de manera que las dos primeras piezas tienen juego alrededor de los pernetes que los mantienen unidos al par, lo cual se ve en *d (fig. 1162)*. Esta articulación se extiende en algunos cuchillos á la estribación de los jabalcones y péndolas en el tirante, como se indica en la *fig. 1164*, que representa el encuentro de la péndola *P* y jabalcones *J* con las dos partes *T, T* del tirante, que aquí se suponen barras planas. Los jabalcones, que son de sección cruciforme, están formados de cuatro hierros angulares y tienen para el ensamble de sus extremos una barra plana *caa*, que se roblona entre dichos hierros angulares. La péndola tiene su extremo aplanado para ser recibido, como las anteriores piezas, entre dos planchas de ensamble.

El levante del tirante, aunque presenta más elegancia que el horizontal, tiene el defecto de que la tracción que experimenta por tener tendencia á tomar la línea recta, se traduce por una tracción en los jabalcones y péndolas y la combinación de estos esfuerzos tiene por resultado fatigar al par. Entonces es necesario hacer las péndolas de sección cruciforme, de T ó angular.

1181. Si se multiplican los puntos de apoyo de los pares, se pueden construir cuchillos con piezas

de reducidas dimensiones, adoptando el sistema de jabalcones y péndolas, como demuestra la *figura 1165*, que representa un cuchillo rígido de 16^{m}85 de luz apoyado en columnas de hierro por el intermedio de cartelas del mismo material, en las cuales descansan también viguetas dobles de hierros I que enlazan unos cuchillos con otros y sirven para recibir la canal donde se recogen las aguas pluviales. Los pares, los jabalcones y el tirante están formados de dos hierros angulares cada uno y las péndolas de otros dos planos, teniendo todas estas piezas en su sección transversal las dimensiones que se indican en la figura. El ensamble de estas distintas piezas se efectúa por medio de planchas colocadas entre ellas, como lo está la *abcd* en el detalle *(fig. 1166)* y á la que se cosen con roblones. Esta plancha de ensamble se ve que sirve al propio tiempo para fijar el montante *M* de la linterna, que acodillado contra la correa *er*, contribuye á sujetarla en unión de la escuadra *ec*, la cual se roblona también en los hierros que forman el par *A*. La carrera del alero de linterna *C'*, se fija en el montante *M* por medio de un perno, haciéndola descansar, además, sobre una escuadra *E*.

Los hierros pareados que forman las piezas anteriormente indicadas, resultan separadas lo que tiene de grueso la plancha de ensamble; y como son de una longitud excesiva en relación con sus dimensiones transversales, pudieran doblarse si no se interponen entre ellas de trecho en trecho unas placas del mismo grueso que las planchas de ensamble, lo que además les da la misma resistencia que si fueran de una pieza.

En la cumbre de la cubierta, la plancha de ensamble que une los pares puede servir también para fijar el montante central de la linterna *(fig. 1167)*, que en este ejemplo está compuesto de hierros angulares entre cuyos brazos se fijan la sotahilera *st* y la hilera *ah*, que son de sección I para cuyo efecto se cortan las alas de estos hierros en la parte que coge la unión. Por su pie se da á este montante estabilidad con unas escuadras *ec* que lo fijan en los pares por medio de pernetes, pudiendo hacer de este modo independientes la plancha de ensamble *tce* de la *cxz* correspondiente á los pares. El montante central y los laterales se enlazan por medio de las barras planas *f* que entran y se sujetan entre sus brazos y por las barras redondas *T,T* que van desde la sotahilera *st* á la correa *er (figura 1166)*, atirantándose por medio de tuercas. La barra plana, cuya sección está indicada en *bd (figura 1167)* es una riostra que va de unos cuchillos á otros para mantenerlos en su posición vertical uniéndose á ellos por medio de escuadras.

Los cabrios *C'* son hierros de sección *T* que reciben en escopleaduras practicadas en el canto superior del nervio los hierros *u*, los cuales se disponen por filas horizontales para retener las tejas.

Cuando los cuchillos se forman de hierros sencillos, porque la resistencia que deben presentar lo permite, las planchas de ensamble son dobles para abrazar entre ellas las piezas en el punto de unión. Esto exige algunas veces que se corten los brazos ó alas de algunos hierros para su unión.

Si las linternas son de poca luz, los cabrios que apoyan en los montantes pueden sujetarse en éstos por medio de escuadras abiertas *ec, e'c' (figura 1168)* enlazando aquéllos con hierros angulares *A, A'*.

1182. CUCHILLOS DE DOS BIELAS.— El cuchillo Polonceau, que se representa en la *figura 1169*, se ha adoptado para una luz de 12 metros y se forma con pares de hierro laminado sección I apoyados por su medio en bielas de hierro fundido *B*, sección cruciforme abultada en el medio, atirantadas por las cuerdas *dc* que, como los tirantes *ado* y la péndola *oc*, son de hierro redondo. El tirante central *dod* tiene un ligero peralte, resultando inclinada la parte *ad*. Los pares se unen al tope en el vértice por medio de dos ó más planchas de cubrejunta sobrepuestas unas á otras para enrasar ó poco menos con la salida de las aletas inferiores de los pares y poder colocar encima unas planchas más fuertes de donde colgar el pendolón, como se indicó respecto de la *fig. 1144*, cuyas planchas sirven, además, de refuerzo para fijar las barras gemelas *rc (fig. 1169)* que han de recibir los extremos superiores de las cuerdas ó tirantillas *dc*. Estas extremidades se disponen también, como indica la *figura 947*, por cuyo medio se obtiene la ventaja de poderse atirantar dichas cuerdas. Las bielas, que son unos apoyos de los pares, tienen la forma detallada en la *fig. 1170*, aumentando su sección transversal cruciforme desde los extremos al centro, cuyo corte es *A*, y se unen á los pares empleando planchas *aacc* que reciben el extremo aplanado de la biela interponiendo contraplanchas de relleno para enrasar con las cabezas del par. El todo se asegura con un perno *pp*. En el sitio de estas planchas se fijan también por medio de escuadras

las correas *C'*, que tienen en este ejemplo una sección I. El ensamble de la biela y de la cuerda con el tirante en el punto *d* *(fig. 1169)*, se efectúa por medio de placas de buen palastro, dispuestas como ya se explicó y detalla la *fig. 1093*, que pertenece al ejemplo que examinamos, debiendo ahora hacer notar que el taladro *r* está destinado á dar paso á las piezas de sujeción de las riostras ó á éstas mismas para enlazar unos cuchillos con otros.

El extremo inferior de la péndola atraviesa al ajustador *aa a'a'* *(fig. 1171)*, sujetándose á él por medio de una tuerca *T* de forma torneada que lo remata sirviendo de adorno á la armadura. Descansan los cuchillos en las paredes por medio de escuadras como la representada en la *fig. 1158*, pero cuyos brazos tienen 85 milímetros. Los extremos de los tirantes se ensamblan en los pies de los pares, empleando dobles barras, de un modo análogo al indicado en la *fig. 945*.

Las bielas de sección cruciforme que constan de cuatro hierros angulares, pueden ser como un sólido de igual resistencia *(fig. 1172)* merced á la interposición de un taco de hierro colado en el centro de su longitud, al cual se ajustan los cuatro hierros, según detalla la sección *B*. La biela termina por sus dos extremos en planchas gruesas *aa*, *cc* roblonadas en los hierros angulares para sujetarla entre las planchas de ensamble del par, como en la *figura 1170*, por medio de pernos y del mismo modo en las cuerdas y tirantes *(fig. 1093)*.

Los hierros cruciformes pueden asimismo servir de bielas, quitándoles en las extremidades dos de los brazos opuestos de la cruz para que se presenten planos, ó practicando en las planchas de ensamble unos cortes *cc* *(fig. 1173)*, con objeto de que entren en ellos los brazos dichos correspondientes á la biela *B*.

1183. Las bielas cuando son de hierro colado se terminan por la parte superior en una placa que les es normal, con dos rebordes para recibir el par, sujetándolo á él con cuatro pernetes. Otras veces se dispone dicha extremidad en forma de canal, donde entra el par, fijándose la unión con un perno que atraviesa normalmente la caja y el par. Se emplean en algunos casos zoquetes ó cuñas de madera *zt*, *z't'* *(fig. 1174)* que se introducen por los costados, impidiendo que el par pueda salir de la biela por causa de los rebordes *r*. Puede también unirse el par y la biela por medio de piezas especiales *ad*, *a'd'* *(fig. 1175)* que se fijan préviamente en el par, introduciéndolas por un extremo de éste y en cuyas piezas se sujeta la biela *B B'* por medio de un pasador *pp* que la permite girar en sus movimientos, que es lo más conveniente. Esta pieza se puede disponer también como se ve en la *figura 1176*, fijándola en la cabeza inferior de los pares con cuatro pernetes *N*, *N*.

Las bielas de sección cruciforme que constan de cuatro hierros angulares ó de dos de T pueden ensamblarse en el par separando estos hierros por sus extremos con objeto de recibir entre ellos el par. También se emplean dobles planchas de ensamble *ae*, *a'e'* *(fig. 1177)* á las que se hace un corte en *cc*, como en uno de los casos anteriores para introducir por él los brazos unidos ó cosidos de los hierros angulares ó de las T, si las cruces se forman con dos de estos hierros para constituir la biela. Las planchas *ae* se amoldan á la cabeza inferior del par, como se ve en *a'c'e'* y se fijan en el par por medio de un pernete *P* y en la biela por dos, uno en cada hierro T ó en cada par de hierros angulares. Por su parte inferior, el ensamble con los tirantes y las cuerdas exige el empleo de planchas *bd*, *b'd'* á las que también hay que hacer el corte necesario para las alas de la biela, cuyas planchas son cogidas entre las de ensamble que se indican con puntos y en las que se sujetan por un pernete, á cuyo objeto tienen el taladro *n*, *n'*. Se pueden también mantener separados los dos hierros de sección T que forman la biela, con pequeñas placas interpuestas y roblonadas en ellas, las cuales den el ancho de las cabezas de los pares si éstos son de I ó el grueso de los brazos de los hierros angulares ó del nervio de la T cuando se emplean estos hierros en los pares.

En los casos anteriores se ha visto que unas bielas tienen su ensamble con el par de una manera fija *(figs. 1173* y *1174)*, y que otras pueden girar alrededor de los pernetes de sujeción, es decir, que son articuladas, lo cual es muy conveniente para que puedan obedecer á los movimientos de los cuchillos cuando hacen su asiento ó son influidos por las variaciones de temperatura. Aquí pueden tener aplicación las bielas movibles (1156), con cuyo empleo los esfuerzos de dilatación y contracción obran con igualdad y en el caso de un incendio, todas las piezas trabajan con libertad.

1184. En la cumbre del cuchillo se sujetan también las cuerdas *C* *(fig. 1178)* en las mismas planchas que sirven para colgar la péndola *P*, apla-

nándose al efecto sus extremidades y taladrándolas para sujetarlas con pernetes, del mismo modo que la péndola. Algunas veces se reunen las dos cuerdas ó tirantillas en un mismo punto *R* (*fig. 1179*) dándoles la forma ahorquillada para que puedan abrazar los pares. Se refuerza entonces el taladro con unas rodajas *rcs*, *r'c's'* que tienen el grueso ó salida conveniente para que sobresalgan ó enrasen con las cabezas inferiores *bcb* de los pares. La péndola se puede colgar de éstos, por medio de una pieza especial de hierro fundido *A* que se fija con cuatro pernetes por bajo de las cabezas de los mismos y tiene su parte inferior ahorquillada y taladrada para recibir dicha péndola, para lo cual la extremidad de ésta se aplana y taladra también, sujetándose la unión con un pasador ó pernete. Se da también á la péndola la forma ahorquillada y entonces se suspende de la unión de los pares por medio de rodajas como las anteriormente descritas, ó empleando contraplanchas que den la salida de las cabezas inferiores de los pares, si las tienen, es decir, si son hierros de I ó de [.

1185. El sistema de una biela en cada par se ha aplicado á luces de 20 á 30 metros, dando á los pares la altura conveniente para que presenten la resistencia necesaria. En luces de 23 metros se han empleado viguetas de sección I de $\frac{210 \times 90}{90}$ dando á los tirantes un diámetro de 50 $^m/_m$ en las partes laterales y 40 en las centrales. En los cuchillos de 25 metros de luz construidos para la Exposición Universal de París de 1878, los pares tenían 0^m235 de altura y estaban apoyados en su medio por bielas cruciformes de hierro colado que tenían un grueso de 80 milímetros en los extremos y de 140 en el medio. Las cuerdas ó tirantillas tenían 40 milímetros, la péndola del centro 18 y el tirante 45 en la parte central y 58 en las laterales. Los pares apoyaban su pie cortado normalmente, contra piezas asalmeradas *ssa* (*fig. 1180*) y sobre cartelas *cab* descansando este ensamble sobre columnas que, como las anteriores piezas, eran de hierro fundido. El taladro hecho en los pares para fijar las extremidades del tirante, estaba reforzado con rodajas de hierro fundido como las de la cumbre (*figura 1179*). Estos cuchillos pueden sostener una cubierta de teja ó de cinc. En la Exposición tenían la mitad superior de cada vertiente cubierta de cristales y en su cúspide una linterna.

Esta clase de cuchillos se emplean para salvar luces hasta de 30 metros, en cuyo caso los pares son verdaderas vigas armadas de celosía ó de alma llena de palastro; pero como esto resulta de mucho peso, se acude á los cuchillos cuyos pares tienen tres bielas cada uno como vamos á ver.

1186. CUCHILLOS DE SEIS BIELAS.— Los cuchillos que llevan tres bielas por cada par, se forman análogamente á los que solo tienen una, según puede observarse inspeccionando la *fig. 1181* que representa un cuchillo de 30 metros de luz. El tirante central *ec* está 1^m70 más elevado que los pies de los pares y éstos, que tienen una ligera curvatura en sentido de su longitud, están apeados por cartelas formadas de barras planas y hierros angulares, las cuales se sujetan en la pared por su extremidad inferior acodillada al efecto según se ve en *a*. El pie de los pares entra en una zapata de hierro colado que descansa sobre una placa, á la que se une por medio de pernos empotrados en la fábrica.

La linterna tiene sus montantes de hierro colado, yendo de unos á otros unas correas de sección T en las que ensamblan los cabrios que son hierros de vidriera (*fig. 62*) para recibir éstas. Generalmente los cabrios son hierros de T que se ensamblan en la hilera *H* que es otro hierro de la misma clase ó angular, de la manera indicada en la *figura 148* ó adoptando los medios representados en las *154*, *159* y *160*.

En otros cuchillos de este mismo sistema y de luz igual, la cartela es de hierro colado (*fig. 1182*) y se ensambla con la zapata por medio de las barretas *bc*, que se fijan de antemano en aquélla por un extremo con un pasador en *b*, *b'*, y retienen la cartela por el otro con un perno en *c*, *c'c'*. La zapata con el cuchillo puede resbalar sobre la placa *pl*, según varíe la temperatura, para lo cual es elíptico el taladro *R*, donde entra el perno *P* que está empotrado en la pared.

1187. Las bielas principales ó centrales de cada par, cuando tienen mucha longitud, se componen de barras planas y hierros angulares, formando sección cruciforme y abultada en el medio (*figura 1183*) para evitar que la flexión produzca su rotura si se hacen de hierro fundido. De este material, sin embargo, pueden formarse los extremos *C* y *B* cuya unión ó empalme con el laminado suele verificarse dándoles sección cruciforme como en *aca*, de manera que sus brazos *a'a'*, *c'c'* tengan el mismo grueso que las barras *a''a''*, *c''c''* que constitu-

yen el alma de la parte de hierro laminado á fin de que puedan unirse ambas partes por medio de barras de cubrejunta, que se roblonan en los hierros angulares y se fijan en las piezas fundidas con pernetes que pasan por los taladros indicados en *a*, *a*. En la pieza inferior *B*, que representa en sección el ensamble de la biela con las placas *nn* que la unen al tirante y á la cuerda, se observa que el mismo pasador de sujeción *ss* sirve para fijar los extremos de las riostras *R*, *R* que van de unos cuchillos á otros para enlazarlos, cuya operación se verifica terminando éstas en horquilla taladradas en sus dos brazos y abriendo al dicho pasador un agujero en cada extremo para que á las dos piezas las atraviese una chabeta *uu*.

1188. CUCHILLOS DE JABALCONES Y TIRANTILLAS CRUZADAS.—Representa la *figura 1184* un cuchillo cuyo sistema se emplea mucho porque su construcción es muy simple y no exige hierros especiales. Los pares y el tirante afectan la sección ⊤ de 25 y 14 centímetros de altura respectivamente y se forman de un hierro plano ó faja fuerte de palastro y de dos hierros angulares ó cantoneras cada uno, manteniéndose la rigidez y resistencia por medio de un pendolón de sección ⊏, péndolas *P*, jabalcones *J* de hierro angular y tirantillas *T* de hierro plano. La unión de estas piezas con las primeras se verifica juntando los extremos de los jabalcones á una de las caras del tirante y del par, y los de las tirantillas y péndolas á la opuesta, con lo que, en los cruces *c*, *c*, *c* de los jabalcones y tirantillas resulta un intervalo como el grueso del nervio de los pares, en el cual se coloca una planchuela circular *(figura 1185)*, fijándose este cruce con un roblón *R*. Los extremos de estas aspas se sujetan *(fig. 1186)* por medio de roblones remachados en los palastros *A* que constituyen el nervio de los pares y en el *C* del tirante, plegándose además á los brazos verticales *B* de los hierros angulares del mismo, con objeto de que el ensamble presente más resistencia. La unión del par con el tirante se efectúa mediante planchas dobles de ensamble *ecba* que se cosen con roblones, entrando parte de este ensamble en zapatas de fundición *zptd*, para lo que se embuten las cabezas de los roblones en el grueso de las planchas. Los hierros angulares *B* del tirante no entran en la zapata, pero abrazan en cambio las planchas de ensamble en la extensión *ad*. Las zapatas de unos cuchillos se enlazan con las de otros por medio de riostras *R* que son hierros de ⊏ como los de las correas, aunque de menor dimensión. Los pares se unen entre sí en la cúspide del cuchillo por medio de planchas de ensamble *(fig. 1187)* y entre ellas se sujeta también el extremo superior del pendolón *P* de hierro de ⊏, para lo que hay que cortarle los brazos en la parte *ac* del ensamble quedando así reducido á una placa de 7 $^{m}/_{m}$ de grueso que es el alma, la cual se asegura fácilmente con las planchas de ensamble por medio de roblones. Las tirantillas ó barras planas *T*, *T*, que forman las aspas centrales del cuchillo, se unen de plano en el ensamble de cumbre, asegurándose en él por medio de roblones.

Tanto los pares como el tirante tienen que formarse de varias piezas empalmadas por ser su longitud mayor que la de los hierros que facilita el comercio. Su unión, indicada en los puntos *A*, *B* de la *fig. 1184*, se hace por medio de cubrejuntas *ad*, *a'd'* *(fig. 1188)*, cuando se trata de empalmar los palastros que constituyen su nervio, y empleando escuadras *es*, *e's'* *(fig. 1189)*, si son hierros angulares ó cantoneras, reforzando además la cabeza de la ⊥ con planchas *aa*, *a'a'*.

1189. CUCHILLOS CON PARES RECTOS DE ENREJADO.— Como indicamos al principio de este artículo (1166) se adopta para los pares la disposición de las grandes vigas, las cuales pueden construirse de enrejado como representan las *figuras 626 á 640*. El que se aplica en los pares de la *fig. 1190*, cuya luz ó abertura es de 9^{m}60, tiene la sección de doble T de 25 centímetros de altura, formando sus cabezas dobles cantoneras ó hierros angulares unidos á trechos por montantes normales *mm* de hierro plano y manteniéndose la rigidez por aspas ó cruces, también de hierro plano. En sus extremos se sustituyen éstas por planchas de palastro que presentan facilidad para su estribación en las paredes y colocación de los tirantes, y para el ensamble en el vértice ó cumbre del cuchillo. La plancha inferior se refuerza con escuadras *aa* que prestan base de asiento á los pares y permiten sujetarla por medio de pernos *P*, *P*, los cuales atraviesan además otra plancha, que como se indicó para el empotramiento de las vigas (916), tiene mayor extensión que dichas escuadras á fin de que la presión se ejerza en mayor superficie de muro. Para recibir el tirante se emplean rodajas que salven por ambos lados la salida de las cantoneras ó cabezas inferiores del par. La

plancha de ensamble en la cúspide *(fig. 1191)*, presenta el saliente *ana* para recibir la péndola de hierro redondo *P, P'*, cuyo extremo entra á horquilla y se sujeta con un pasador ó pernete.

En la misma plancha de ensamble se sujetan los extremos de la hilera *hr* mediante las escuadras *rs*; y para recibir las correas en los costados de los pares, se ensanchan los montantes *C, C (figura 1190)*, pudiendo prolongarse las escuadras por debajo de la correa, como se ve en la *figura 1192*. Esto exige que se haga un corte en los brazos de las escuadras que reciben la correa, con objeto de que la cabeza inferior de ésta penetre en él, quedando así aprisionada y apoyada.

Los montantes de la linterna, compuestos de dos hierros angulares ó cantoneras formando T, se fijan por su pie en las mismas planchas de ensamble de las correas, prolongándolas lo necesario, ó con otras independientes *bsh*, en cuyo canto inferior *hs* se roblonan trozos de cantonera á escuadra para fijarlas en la cabeza del par por medio de pernetes *N*. Por su parte superior tienen los postes otra plancha *dac* á cuyos lados se roblonan ó sujetan con pernetes los cabrios *C*. El montante central *(fig. 1191)*, está construido de cuatro hierros angulares formando sección de cruz y entre sus brazos se roblonan las planchas *bddb* y *ece*, que sirven, la inferior para fijarlo en la cumbre del cuchillo por medio de escuadras y pernetes, y la superior para recibir los cabrios *C, C* de la linterna asegurándolos de la misma manera ó con roblones.

La *fig. 1193* nos indica cómo pueden apoyarse los cabrios *C, C* en la hilera en el intermedio de un cuchillo á otro. Se emplean para ello piezas gemelas de hierro fundido *bacd* que se apoyan en la cabeza de la hilera, sujetándose en ella por medio de un pernete *pp* y entre sí por el *nn*, cuyas piezas reciben en su parte superior los cabrios, reteniéndolos con los pernos *N, N*.

1190. El enrejado N de los pares que representa la *fig. 1194*, es de sección T doble como en el caso anterior, pero de 35 centímetros de altura por una luz de $12^{m}50$, apoyando su pie arqueado en piezas de hierro fundido que se detallan en la *figura 1195* por su planta y por dos alzados de frente y costado: sobre una placa horizontal *ad, a'd'd'* que sirve para sujetar la zapata en la pared por los pernos *P, P'*, se levanta verticalmente una placa *cd, d'd'*, entre las que encajan otras dos *adc* que reciben las piezas del enrejado sujetando los extremos de sus cabezas con los pernos *N, N', N, N'*. El más bajo de éstos sirve también para retener el extremo del tirante. La zapata, además de sujetarse en su base por los pernos *P*, tiene una oreja *O, O'*, para colocar un perno *R* que atraviesa verticalmente la fábrica de la pared y entra por su extremo inferior en una barreta introducida en la zapata y sujeta á ella por un pasador *s*. El enlace de los pares en el vértice se verifica en una cumbrera de hierro fundido *(fig. 1196)*, cuyos costados presentan unas ranuras ó cajas donde alojar los extremos de las cantoneras *B, B* que forman las cabezas de las vigas de enrejado ó pares, así como las aspas *A* y la péndola *P*. Como se comprenderá, por haberse advertido en casos análogos, los hierros angulares *B, B*, entran con solo un brazo en las cajas de la cumbrera y estas uniones se aseguran con pernos ó pasadores. La hilera *H*, que es de madera, encaja entre dos rebordes que tiene la cumbrera en su parte superior, y las correas, que también son de madera, apoyan en ejiones de hierro sujetos con roblones entre los brazos de los hierros angulares ó cantoneras de la cabeza superior de los pares.

1191. Los pares de enrejado que han de apoyarse en columnas de hierro fundido ó en postes de hierro laminado, se unen á ellos generalmente por el intermedio de cartelas. Se pueden formar éstas con la misma plancha en que terminan los pares *(figura 1197)*, contorneándolas con cantoneras *abc* que por uno y otro lado se roblonan á dicha plancha dándole gran rigidez y permitiendo su sujeción en el poste por medio de pernetes dispuestos en las cantoneras verticales *bc* ó por medio de roblones.

El tirante *P* se forma de dos hierros angulares de brazos desiguales que se mantienen separados paralelamente por el intermedio de planchuelas colocadas de trecho en trecho y cuyo grueso es el mismo que el de la cartela. Las correas *C* se ensamblan en los montantes á los que se da la anchura conveniente para la colocación de las escuadras laterales que las han de sujetar y se las apoya además en otras escuadras *es*. El poste se compone en este ejemplo de las piezas indicadas en J *(fig. 414)*.

Las cartelas se construyen también de hierro fundido *(fig. 1198)*, haciéndolas independientes de los pares á los cuales se unen por medio de pernetes *n, n'*. Si apoyan las cartelas contra una pared *(fig. 1199)*, se aseguran en ésta con pernos *P, P*, que tienen su extremo abierto en forma de cola de pescado.

Los cuchillos descansan alguna vez directamente sobre los postes *(fig. 1200)*, formándose entonces en la parte superior de ellos una cabeza para presentar una base horizontal, que aquí es la placa *ac, a'c'*, sostenida por cuatro escuadras *E, E'*, dos de ellas roblonadas en el nervio del poste y las otras dos en las cabezas con objeto de recibir el par, el cual se fija con roblones ó pernetes que atraviesan las cantoneras del mismo; la placa de asiento y las escuadras que la sostienen. En la *fig. 418* está representado el pie de estos postes.

1192. Cuando las aspas y montantes del enrejado se disponen á uno y otro lado de las cabezas, que entonces pueden ser hierros de T *(fig. 1201)*, las planchas del pie de los pares y de la cumbre son dobles, recibiendo en medio el nervio de las T, que aquí están señaladas con las letras *C* y *B*. Las planchas de ensamble llegan en este ejemplo hasta el medio de una división del par ó sea hasta el cruce de los brazos *A, A*, que se fija en una planchuela *cc* sujeta entre las dos planchas de ensamble por medio de roblones y en la que del mismo modo quedan sujetos los extremos de las barras que forman las aspas.

Las escuadras que fijan la hilera *H, H'* en la cumbre del cuchillo, se prolongan por debajo consolidando así el ensamblaje, así como las rodajas *R, R* refuerzan los taladros donde entran los pernos de sujeción de tirantillas en los sistemas Polonceau que las llevan. La péndola *P, P'* se suspende de una pieza especial de hierro fundido que presenta la forma de T para introducir su nervio en la horquilla de aquélla y sujetarla con un pernete.

1193. Representa la *fig. 1202* un cuchillo de 20 metros de luz, cuyos pares, formados de un enrejado de 35 centímetros de altura, se refuerzan con jabalcones *J* y péndolas *P* que los unen al tirante. El enrejado se hace de barras planas cruzadas, cuyos extremos se fijan entre las cantoneras que forman las cabezas de los largueros. El tirante se forma de dos hierros angulares así como los jabalcones, cuyos brazos son desiguales: las péndolas son dobles hierros [en las tres centrales y planos en las restantes más cortas, interponiéndose á trechos en todos ellos, para darles rigidez, unas placas con el grueso de 8 milímetros que tienen las planchas de ensamble que se emplean para unirlas al tirante y á los pares. Las de éstos son las mismas que constituyen los montantes donde se fijan las correas sección I por medio de escuadras.

1194. El empalme de los hierros angulares que forman las cabezas de los pares (cuando es necesario hacerlo por ser de mayor longitud que los hierros del comercio) se verifica en la cabeza inferior por medio de cantoneras ó hierros angulares y una plancha de cubrejunta, como se detalló en la *figura 1189* y se ve en la *1203*; en la cabeza superior se emplean solamente cantoneras *aa, a'*, y en ambos casos se interponen barras planas en toda la longitud del empalme para llenar el hueco entre los dos hierros que forman las cabezas del par facilitando así el roblonado. También debe cuidarse que el empalme *xx* de unas cantoneras diste cuando menos 30 centímetros del *zz* correspondiente á las otras de la misma cabeza del par.

Para ensamblar las correas cuando los montantes *M* son hierros angulares, se roblona en éstos normalmente una plancha *db* que les dé rigidez, y se sujeta la correa *C* por medio de pernetes *p, p*, apoyándola además en una escuadra *E*. Los brazos ó alas de la correa en la parte que da á la plancha *db*, se cortan para que ajuste el ensamble y quede más seguro.

1195. CUCHILLOS DE PUENTE HECHOS DE ENREJADO. — En los cuchillos de enrejado sucede algunas veces que los pares, en lugar de seguir la dirección inclinada hasta la cumbre, son quebrados volviendo horizontalmente al llegar á cierta altura *(fig. 1204)*, ó mejor dicho, se apoyan contra un puente *pt* que es una viga de la misma clase que los pares, terminando la armadura en una linterna, cuya cubierta *dhd* se apoya en montantes fijados, el central en el medio de la viga-puente y los laterales en la unión del puente con los pares. De esta unión cuelga también una péndola *P* para sostener el tirante. En el ejemplo que presentamos, dispuesto para una luz de 18 metros, los cuchillos son de sección de T doble como en el caso anterior, aunque de 40 c/m de altura, y están formados de enrejado de cruz recibido entre los brazos de las cantoneras que constituyen las cabezas de los pares. El cuchillo se apoya en postes tubulares de palastro y cantoneras por el intermedio de dobles cartelas de lo mismo que reciben con sus cantoneras *an* una plancha horizontal de 7 milímetros de grueso donde asientan los cuchillos, cuya base de apoyo la forman los dos hierros angulares que constituyen el tirante, los cuales se fijan con roblones á dicha plancha. Las cartelas se roblonan por uno y otro lado en los postes, como indica la

sección por la línea *AB* detallada en la *fig. 1205*. Para ensamblar los pares con el puente se empalman sus cabezas por medio de una cubrejunta *akh* (*fig. 1206*) y sus almas por una plancha vertical de ensamble *aedb* que sobresale por abajo y está reforzada por cantoneras *bcsd* para recibir la péndola *P*.

Las correas que van de unos cuchillos á otros para recibir los cabrios, son viguetas laminadas de I, excepto la que corresponde á la unión del par con el puente, que es de enrejado. Aquéllas se ensamblan en los montantes de los pares, dándoles para ello mayor anchura que á los restantes á fin de fijar las escuadras y poder disponer una inferior donde descanse la correa. Las que corresponden á la unión del puente con los pares *nr*, son de enrejado y están formadas de barras planas y cantoneras, teniendo dispuestas en forma de Z las de la cabeza superior *n* para recibir los cabrios, los cuales solo existen entre cuchillos y enrasan con la cabeza superior del par.

Los montantes de la linterna, unos van sobre los cuchillos y otros en los puntos intermedios: los primeros se fijan en la unión del puente con el par, introduciendo entre sus hierros unas planchas de ensamble *agk* á las que se roblonan, y que se aseguran por medio de escuadras *ak* en la cabeza del puente. Los que van entre los cuchillos (*fig. 1207*) se roblonan en la prolongación del montante correspondiente *nn* de la correa de enrejado, cuya cabeza de sección Z son las dos cantoneras *d*, *o*.

Sobre esta cabeza descansan los extremos de los cabrios *C* que se aseguran por medio de roblones en una plancha vertical *adb* introducida entre las dos cantoneras que forman el montante *M'* de la linterna.

Los pares ó cabrios de ésta, que son hierros de vidriera *bc* (*fig. 1206*), se fijan por arriba en la hilera, que es un hierro I, y por abajo en unos hierros angulares ó carreras *A* á las que se aseguran por medio de escuadras y roblones. Las carreras que van de unos postes á otros enlazando sus cabezas, se fijan en ellos por medio de roblones ó pernetes.

ARTÍCULO IX

Cuchillos de hierro con perfil curvo interior ó exterior.

1196. SISTEMAS DE CUCHILLOS CURVOS Ó CERCHAS.—Cuando el hierro fundido, forjado ó laminado se emplea en forma de arco, los asientos de la obra, la acción del viento, el peso de la nieve ó del agua y las cargas que no pasan de los límites de resistencia, constituyen un aumento de fuerza, pues producen una cohesión mayor entre las moléculas del material, dando á la obra el equilibrio y la solidaridad de todas sus partes. Por el contrario, los esfuerzos de flexión desagregan la masa en atención á que si bien la línea superior de una viga horizontal que descansa sobre dos apoyos queda comprimida, la inferior está sometida á la extensión y hay una línea neutra intermedia que resulta anulada (858). Ahora bien: si se da forma curva á las piezas cargadas transversalmente á su longitud, resultan comprimidas, obteniéndose economía de material; y de aquí la ventaja en muchos casos del empleo del hierro encorvado para cubiertas, dando esta forma á los cuchillos, unas veces por el intradós y otras por el trasdós.

Los cuchillos curvos ó cerchas pueden ser *simples* ó *compuestos*: se les dice simples cuando los arcos están subtendidos por tirantes que hacen equilibrio al empuje horizontal ó descansan contra muros que por sus dimensiones pueden resistir dicho empuje: se llaman compuestos los cerchones que tienen jabalcones ó bielas y tirantes.

Los cuchillos curvos de hierro se construyen (como los rectos) con hierros planos, de T sencilla ó doble ó empleando el palastro ó el enrejado de barras con la misma sección T ó I. El cimbrado del hierro se puede conseguir en caliente al salir del laminador, ó en frío con la máquina destinada al efecto en los talleres, sometiéndolos al martillo cuando se quiere aumentar la fuerza de cohesión del metal, equivaliendo cada golpe de martillo á una adición de resistencia. El hierro colado se emplea también en los arcos, pudiendo tener una aplicación adecuada cuando se quiere reforzar un arco laminado ó forjado.

La *fig. 1208* muestra un ejemplo de cercha simple con tirante suspendido de una péndola. El arco es un hierro laminado de sección T ó dos hierros angulares que pueden tener un alma de palastro formando dicha sección. El tirante y la péndola son hierros redondos que se unen entre sí y con la cercha de las maneras diferentes que se han explicado.

En Inglaterra se hacen cubiertas de este modelo con palastro ondulado formando curva, para lo que se cimbrean las planchas en el sentido de las generatrices y se unen unas con otras por remaches, cui-

dando de que en la cumbre haya una plancha que cubra en las dos vertientes.

La disposición indicada en la *fig. 1209*, es como la de dos vigas armadas *ac*, *cb*, unidas en el punto culminante *c* del arco, y compuestas del hierro laminado *acb* que se apea en bielas *ed*, las cuales están atirantadas por hierros redondos *ce*, *eb*. El tirante *ab* se suspende de las péndolas *P* para evitar su flexión.

La *fig. 1210* nos presenta otro ejemplo de cuchillo en que la estabilidad del arco elíptico se asegura con una combinación de jabalcones de hierros T ó angulares y tirantes de hierro redondo ó plano, que se enlazan con el arco por medio de péndolas de la misma clase de hierro.

En cerchones de contorno poligonal ó curvo por el intradós y el trasdós (*fig. 1211*), se puede establecer un atirantado *ac*, *bb*, *cd* que destruya del todo el empuje y evite la deformación ó abertura de los tres ángulos *b*, *c*, *b*. En la práctica, estos tres tirantes se reemplazan por cruces de San Andrés ó hierros en N, como aparece en las *figs. 903* y *1212*.

1197. CUCHILLOS CURVOS DECORADOS.—La forma curva de los cuchillos se adopta casi siempre en sitios donde han de estar aparentes ó cubiertos de cristales; entonces no bastan las formas frías é industriales de los hierros laminados y se decoran las musculaturas ó nervios para hacerlos agradables á la vista y ponerlos en armonía con las partes arquitecturales que están destinadas á completar. Los medios de conseguirlo son: 1.º, el hierro colado cuya propiedad de ser moldeado permite emplearlo en adornos, rosetones, esculturas, etc.; 2.º, el palastro calado que con sus contrastes de llenos y huecos en figuras geométricas, de hojas, ramas, etc., consiente aligerar las masas y agujerear las almas de las vigas sobre la línea neutra sin perder mucha resistencia; 3.º, los hierros laminados de perfil ó sección moldurada para adornar los bordes ó contornos ó hacer figuras; 4.º, el hierro forjado en barras formando caracoleados para llenar y fortificar los huecos ó para servir de cartelas.

Adoptando en estos cuchillos la forma circular, debe tenerse presente que el peralte les da un aspecto esbelto (1053) y contribuye á que aparezcan ligeros la disposición de las correas por el trasdós, así como el servirse de dos centros diferentes, uno para formar el contorno interior y otro para el exterior del cuchillo de modo que se corten diagonalmente, empezando por cero en los arranques y tomando todo el espesor en la clave como la *fig. 1130*, ó al contrario.

1198. El cuchillo que representa la *fig. 1213* pertenece á una montera de cristal de 6ᵐ50 de luz y en él el hierro arqueado *acb* sostiene á los pares *ed* por su medio, quedando unidas ambas piezas, que son hierros T, por dobles planchas recortadas convenientemente para dar buen aspecto á la armadura.

Los montantes de la linterna son hierros cuadrados á los que se hace en la fragua un pie adecuado para fijarlos en los pares por medio de pernos. Los de los costados se taladran por su extremo superior para sujetar en ellos unos hierros angulares, cerrados *n* si se colocan por el exterior y abiertos *a* si por dentro, cuyos hierros van á modo de carreras de unos cuchillos á otros para fijar en ellos los cabrios de la linterna. El montante central termina superiormente en un doble codo, en cuyos brazos se asegura otro hierro ⊥, que también va de unos cuchillos á otros formando la hilera *h* para que apoyen en ella los cabrios *hn*, como detallan las *figuras 148* y *154*.

1199. La *fig. 1214* es ejemplo de un cuchillo de palastro calado, apoyado en ménsulas *M*: es de contornos reforzados con dobles cantoneras, y presenta la forma de grandes cartelas *adc* que reciben un puente *aa* y la linterna, compuestos de la misma manera. El palastro rebasa inferiormente la línea curva ó recta de las cantoneras y se presenta recortado á modo de festón según un perfil caprichoso para contribuir á la decoración. Las correas dispuestas en los extremos del puente son también vigas de palastro calado con cantoneras en su contorno, según se ve en la *fig. 1215*.

1200. El cuchillo representado en la *fig. 1216*, está formado de hierros T ó cantoneras pareadas en el contorno de su figura, la cual se refuerza en los puntos más débiles *C*, *R*, por palastros recortados y ligeramente calados, rellenándose el hueco central del vértice con barras de hierro caracoleado, que concurren á dar rigidez al cuchillo.

1201. En la *fig. 1217*, que representa en sección vertical una nave elevada en medio y dos galerías laterales más bajas, aparece arqueado el cuchillo central tanto por el interior *bCD* como por el exterior *eH*. Las galerías laterales presentan al interior una línea mixta parecida al arco por tranquil (785) y una vertiente plana *An* que recibe las aguas del cuerpo central y las recoge en una canal

A que tiene sus desagües por tuberías *ot* adosadas á las columnas en el paramento exterior del edificio. Estos cuchillos están formados de hierros T, y tienen en sus huecos triangulares unos caracoleados de hierro en barras que se fijan en las alas ó brazos de los primeros por medio de remaches *R* (*fig. 1218*). Las correas que enlazan unos cuchillos con otros son hierros T, sobre cuya cabeza se fijan los cabrios con pernetes en situación inversa á la indicada en la *fig. 921*. La hilera es un hierro I donde apoyan los pares por sus costados y se fija sobre un pequeño pendolón (*fig. 1218*), formado de dos barras *ac*, que se doblan de la manera adecuada para recibirla entre ellos, sirviendo además de cubrejuntas, en su prolongación *cb*, al empalme de los hierros *A* y *B* que forman el arco interior del cuchillo central. Este empalme se fija además por otras cubrejuntas *bg*, dispuestas en ambos lados del arco.

1202. Un ejemplo de cuchillo cuyos contornos interior y exterior tienen distintos centros, está representado en la *fig. 1219*, cuya forma exterior ojival presenta gran esbeltez, prestándose perfectamente á la decoración el hueco entre los dos contornos. Los arcos, formados de hierros T, están enlazados á trechos por planchas recortadas donde puedan ensamblarse las correas y la hilera, llenando el espacio intermedio con hierro plano caracoleado.

1203. En la disposición de medio punto interior (*fig. 1129*) hay necesidad de reforzar el palastro calado en el punto débil, que es casi la tangente del par con el arco, aumentando el grueso ó haciéndolo saliente por el interior.

El calado del palastro se practica en los puntos que menos esfuerzo ha de sufrir. Puede indicarse el cruzamiento como si se tratase de una viga de celosía y adaptar el dibujo del calado á las partes que debieran resultar libres de las aspas ó en hueco. La *fig. 1220* es una aplicación de este método, donde se destacan claramente las aspas en forma de V.

1204. CUCHILLOS VARIOS DE CONTORNO INTERIOR CURVO.—El cuchillo de la *figura 1221*, tiene los pares rectos de sección I apoyados en su parte media *sr*, donde sufren el máximo de flexión, por sopares de hierro T que en su prolongación inferior hacen de jabalcones de forma encorvada hasta su arranque *d* y van á apoyarse por su extremo superior en un puente *sp* que los enlaza, constituyendo así un sistema poligonal simple. El puente está sostenido en su medio, para evitar su flexión, por una péndola ó barra plana *cp* que baja de la cumbre del cuchillo, y la parte curva *rd* se encuentra arriostrada en su medio por unos gatillos planos ó manguetas *M* que prestan fuerza al arco donde más lo necesita y van á parar por su otro extremo al ensamble de los pares *Ac* con los postes *Ad* que sostienen el cuchillo, cuyo ensamble se detalla en la *fig. 1222*. Los postes, según puede observarse en la sección horizontal dada por *A B* y dibujada en la *fig. 1223*, están compuestos de dos hierros I que reciben por un lado un riel *F* de ferrocarril y por otro un hierro T, manteniéndose estas piezas en su posición por medio de bastidores de hierro colocados á trechos y sujetándose entre sí con pernos *N* dispuestos también de trecho en trecho. En el rail ó riel descansa el sopar al que se une por planchas de ensamble. En los ángulos ó esquinas, el poste se dispone como indica la *figura 1224*, colocando un hierro de canal *cc* en la dirección de la pared que hace ángulo para que sirva de caja á los ladrillos, cuyo hierro se fija por medio de un perno *nn* que lo sujeta á una barra vertical dispuesta entre las alas de los hierros I. En estos mismos apoyan por medio de escuadras las carreras, que como se ve en *aa* (*fig. 1222*) son hierros [sobre los cuales está sentada una contracarrera de madera, donde se clavan las tablas *cc* que forman una de las paredes de la canal, cuyo desagüe se verifica por tubos *T*.

1205. En el teatro de Reims (Francia) la armadura de cubierta se compone de cerchas circulares *A C* (*fig. 1225*) que apean y se unen á los pares formando con ellos y con los apoyos, también de hierro, una triangulación indeformable que se asegura más con un tirante *av*, el cual está suspendido por dos péndolas *P, P*. Los pares, así como el arco y el poste, tienen sección T (*fig. 1226*) formada cada una de una plancha como nervio y de dos cantoneras como brazos. El arco *D* se ensambla con el poste *P* adosado al muro por medio de planchas *ad*, y esta unión descansa en el tirante *V* que es una viga de palastro que sirve de armadura al techo horizontal de la sala y á la cual se fija mediante escuadras *ecs* formadas de un alma triangular de palastro y cantoneras dobles en sus catetos. El arco se enlaza en los tímpanos con el par y con el poste, por dos jabalcones de hierro plano *J, J*, y con el ensamble de aquellas piezas por una mangueta *M* compuesta de cuatro cantoneras que for-

man T dos á dos, para abrazar por un extremo dicho ensamble y por el otro al arco. Los pares se ensamblan del mismo modo en el vértice *(figura 1225)* y las péndolas, que son de sección cruciforme como las manguetas, están colgadas del arco y retienen la viga-tirante por medio de dobles planchas. Los montantes de la linterna *L* se ensamblan en las correas últimas ó más altas, por medio de escuadras abiertas *E* que los fijan en la cabeza del hierro T que las constituye.

1206. CUCHILLOS DE ENREJADO CON INTRADÓS CURVO.—Adoptando la estructura de una viga armada, la *fig. 1227* presenta las dos vertientes formadas por hierros pareados angulares y del mismo modo el contorno interior curvo que hace de tirante, hallándose unidas estas dos piezas por péndolas *P* y aumentada la rigidez del conjunto por jabalcones *J*, que como las anteriores, son hierros planos. El sistema está reforzado por un puente *aa* de dobles hierros angulares que se roblonan con las piezas que encuentran. El empalme de los dos hierros que por cada frente constituyen el tirante curvo se consolida en el centro del arco por una cubrejunta *cc*, de 1^m55 de longitud por 100 $^m/_m$ de anchura y 7 de grueso. Para la unión de los pares en la cúspide del cuchillo, se interpone entre las cantoneras una plancha *acca (figura 1228)* á la cual se roblonan aquéllas y la péndola *P*, ésta por medio de una cubrejunta *et*. El puente se ensambla con las cantoneras de los pares, interponiendo otra plancha *aed (fig. 1229)* y cortando á los hierros angulares que lo componen parte de su brazo vertical, como se detalla en la sección dada por la línea X para que no se compenetren con el de los pares, trabajo que es del todo inútil por lo que pudieran doblarse aquéllos para ceñirse á éstos, como las péndolas *P* de la *fig. 1186* lo hacen al tirante. Los cuchillos apoyan en postes de hierro laminado sección I de la manera que detalla la *fig. 1200*, ya explicada (1191). Las correas que enlazan estos cuchillos, se fijan en los pares por medio de hierros acodillados *ac (fig. 1229)*, que se roblonan á las cabezas de los pares y sujetan la correa con un pernete. Del mismo modo se sujeta la hilera, pero empleando dos hierros acodillados, uno por cada lado.

1207. La armadura de cubierta se hace solidaria en ciertas ocasiones con los postes de sustentación, formando cuchillos que arrancan del suelo y que presentan interiormente un contorno poligonal ó curvo como el representado en la *fig. 904*, que se empleó en la Exposición de París de 1878 para las galerías de máquinas, las cuales tenían 24 metros de anchura, estando los cuchillos separados 5 metros unos de otros. En ellos el enrejado de los apoyos continúa hasta la cumbre de la cubierta, pudiendo considerarse como un arco de una pieza por la solidaridad que hay entre los postes y los pares: se evitó de este modo la colocación de tirantes que hubieran sido un obstáculo para exponer la maquinaria. El contorno interior y exterior de estos cuchillos se forma con cantoneras pareadas *(figura 1230)*, que reciben entre sus brazos verticales en toda la altura del poste *adn* y parte curva *noh* del cuchillo, una hoja de palastro de 160 $^m/_m$ de anchura por 8 de espesor formando sección T con dichas cantoneras. El enrejado, que es de aspas en los postes, se hace con hierros angulares *C* y barras planas *D* y el de figura de N correspondiente al par, tiene de hierros angulares pareados los brazos verticales *bo* y de barras planas los inclinados *bh* que también son pareados, uniéndose unos y otros por medio de roblones en los costados de las cantoneras que forman el contorno interior y exterior de los cuchillos. La unión de los postes y los pares debe ensamblarse con gran cuidado por depender de su rigidez la solidaridad del sistema. Constituye este ensamble un gran paralelógramo *adob*, cuya diagonal *ao* está formada con dos hierros [que se aseguran por sus extremos en fuertes planchas, las cuales se ve en la figura que refuerzan el ángulo exterior del par y poste y el centro de la curva interior en el enlace de ambas partes.

Descansaban estos cuchillos en macizos de hormigón *H* á los que estaban sujetos ó amarrados por medio de largos pernos *pn* que tenían fijos sus extremos en hierros angulares *p, n, n'n'*. El encuentro de los semicuchillos en la cumbre se verificó por medio de una plancha *gccg* colocada entre las cantoneras de los contornos y en la que se fijan dos escuadras verticales *rs*, que con el hierro ⊓ fijado entre ellas con pernetes formaban una caja donde se alojó la hilera de madera. De este material eran también las correas, cuya sujeción en los pares se verificó disponiendo verticalmente y en sentido transversal al cuchillo una plancha *bf* que llevaba roblonada una escuadra *E* como detalla la *figura 1231*. La plancha *aca* tenía una escotadura *c* en el medio para alojar las cantoneras ó hierros angulares correspondientes á las vertientes del cu-

chillo y á ella estaban sujetos con pernos los extremos de las correas *C, C,* las cuales además descansan sobre las escuadras *E.*

El atirantado de los cuchillos que descansan directamente en el suelo, puede establecerse subterráneamente haciendo que los arranques del cuchillo, así como los tirantes, queden enterrados. En este caso hay que resguardarlos de la humedad introduciéndolos en unos caños ó tubos donde queden aislados del terreno y en disposición, además, de contraerse y dilatarse libremente.

1208. REFUERZO DE CUCHILLOS CURVOS.—Los cuchillos que tienen su contorno interior curvo, pueden ser reforzados con dovelaje de fundición ó acero de sección anular partida en dos mitades para alojar en ellas el contorno, ó sea las cantoneras ó hierros T que lo forman. La sección transversal de estos arcos de refuerzo puede adoptar una disposición como la de las *figs. 1232* ó *1233*, debiendo aumentar sus dimensiones del vértice á los arranques. Las dos mitades se colocan ó no á juntas encontradas las de un lado con las de otro, pero uniéndose siempre por medio de pernos. En sus juntas de unión pueden, además, disponerse unas orejas salientes *O* (*fig. 1234*) para sujetar entre sí las mitades de cada lado. En estas juntas debe procurarse el mayor contacto posible y disponerse como las dovelas de sillería (810).

En los puntos de ensamble de las aspas, jabalcones y demás piezas que acuden al arco del cuchillo, se disponen las nuevas dovelas con las cajas ó aberturas convenientes para que en ellas queden alojados los extremos de dichas piezas.

Cuando los cuchillos son de grandes luces (40 metros ó más), el arco de refuerzo puede disponerse doble (*fig. 1235*), uniendo los dos por medio de un alma de palastro lleno ó calado y aun por enrejados de cruz ó de N.

1209. Los arcos de refuerzo pueden tener ventajosa aplicación cuando en una cubierta se quiere sustituir un revestimiento ligero de cinc, de cristal ó de palastro por otro más pesado para el que no presentan los cuchillos la conveniente resistencia. Se disponen entonces arcos inferiormente á dichos cuchillos, á los que se deben enlazar sólidamente para que los esfuerzos que éstos no puedan soportar se comuniquen al nuevo arco.

Es igualmente aplicable este sistema cuando en el espacio que ha de cubrirse no convenga ó no se pueda disponer el andamio que exige la colocación de los cuchillos en obra. En este caso se constituye la armadura con la ligereza precisa para soportar su propio peso y las cargas accidentales de una construcción provisional, y después se refuerza con el arco de fundición ó de acero, lo cual efectuado, pueden adicionarse las piezas restantes del sistema para darle su máxima resistencia.

1210. CUCHILLOS CURVOS DE ENREJADO.—Como ejemplo de esta clase, se presenta en la *fig. 1236* el alzado de un cuchillo de los empleados en la estación del ferrocarril de Strasburgo en París, cuya armadura tiene combinado el hierro fundido y el forjado. El cerchón tiene sus dos arcos ó cantos de sección T enlazados por un enrejado de V formado de barras planas. Para darle más rigidez tiene bielas de hierro colado *B* con tirantillas *C, C* de hierro redondo; y con objeto de destruir el empuje contra las paredes donde estriba tiene el tirante *T*, que está suspendido por péndolas y se bifurca en los puntos *e* que bajan de las bielas para coger otros tantos puntos *a,d* del pie del cerchón. Éste apoya su contorno exterior en la pared por medio de una zapata de hierro fundido y el contorno interior descansa en la imposta *d*, enlazándose ambos por medio de llaves empotradas en el espesor del muro. El enrejado del cerchón se detalla en la *fig. 1237*, así como el pie del montante central *B* de la linterna, que es de hierro colado y tiene dos manguitos *mn* para recibir los jabalcones *J*, como indica la sección (X) dibujada aparte.

1211. El palacio de cristal construido en Sydenham, cerca de Londres, presenta uno de los más antiguos ejemplos del empleo de la fundición y hierro laminado en cerchones. La armadura de cubierta que, como la de las paredes, está revestida de cristal, se compone de cerchas semicirculares de $31^{m}72$ de diámetro (*fig. 1238*) colocadas alternativamente á intervalos de $7^{m}30$ y $21^{m}95$. Cada cercha tiene formados sus contornos interior y exterior *acbo, a'c'b'o'* de dobles hierros angulares entre los cuales entran, enlazándolos, los extremos de los montantes *cc', bb'*, que son alternativamente de hierro laminado y fundido. Se completa la rigidez del sistema con las aspas de hierro plano que forman el enrejado, las cuales no siguen una dirección rectilínea, sino que forman líneas quebradas para que se crucen á la mitad y á la cuarta parte de la distancia de los dos contornos circulares. Las cantoneras que constituyen estos contornos, sección (Z) están enlazadas por medio de hojas

de palastro *aa*, que mantienen constante la separación de aquéllas y prestan al sistema mayor resistencia. Los montantes de hierro laminado *A* (*figura 1239*) son de sección [y entre ellos se cruzan las barras que forman el enrejado, asegurándose con roblones por medio de los cuales se fijan también por sus extremos en las cantoneras. Los montantes de hierro colado *B* llevan en cada uno de sus extremos dos orejas *c*, *c* para sujetarlas por medio de pernos entre las cantoneras del contorno, y tienen su parte central, en la baja y en la alta los rebajos convenientes para alojar respectivamente el cruce de las aspas y sus extremidades, fijándolos además con pernos. Inferiormente y sobresaliendo de su línea de intradós hay colocados en la prolongación de estos montantes unos adornos *M* de hierro fundido que se sujetan en las alas ó brazos inferiores de los hierros angulares del contorno interior por medio de cuatro pernetes, á cuyo efecto tienen los adornos unos rebordes que se adaptan al intradós.

Estos cuchillos descansan por cada arranque en dos columnas huecas de fundición (*fig. 1238*), las cuales se corresponden con los contornos interior y exterior de aquéllos y se enlazan por un fuerte bastidor de hierro colado *aats*.

Las cerchas que distan 7^{m}30 se enlazan por correas de enrejado sección doble T de 1^{m}83 de altura, como se ve á la derecha de la *fig. 1240*, que representa la sección transversal *ac* de un cerchón tomada en sentido normal á éste. Estas correas se componen de hierros angulares pareados que forman sus cabezas *dd*, *d'*, *ee*, *e'* y reciben las barras planas del enrejado, así como los hierros T también pareados que constituyen los montantes *M*, para cuyo objeto se les cortan los nervios en el punto de ensamble con las cantoneras.

Las correas que salvan la distancia de 21^{m}95 sólo tienen 0^{m}915 de altura, porque su objeto único es sostener los cabrios y son de sección T, estando formados, como se ve á la izquierda de la figura, de un simple enrejado de cruz sujeto en la parte superior por dos hierros angulares ó cantoneras y en la inferior por dos hierros planos, siendo los montantes *N* de hierros T como en las otras correas. Unas y otras se fijan por sus extremos en los montantes de hierro fundido de las cerchas, para cuyo objeto tienen éstas unos nervios salientes con taladros donde entren los pernos de sujeción.

Sobre cada montante de las correas descansa un cabrio *B*, *B*, el cual afecta la curvatura de la cubierta y está construido de hojas de palastro de 0^{m}30 de altura ó ancho, reforzado en sus cantos superior é inferior por dobles cantoneras para formar sección doble T. En el intermedio de estos cabrios existen otros *D*, *D*, cuya altura es mayor con objeto de formar las pendientes *cb*, *cb* que vierten sus aguas en las canales dispuestas sobre los cabrios menores *B*, las cuales afectan la misma curvatura que éstos vertiendo en la canal general *a'* de la *figura 1238*.

1212. CUCHILLOS DE FIGURA DE HOZ. — Estos cuchillos, llamados también *falsiformes*, se emplean en casos especiales. Los que se construyeron para cubrir la estación del ferrocarril de Birmingham (Inglaterra), cuyo croquis presenta la *fig. 896* en su mitad derecha, constan de un arco exterior de sección doble T formado de un alma de palastro con cantoneras en las cabezas y de un tirante poligonal, al que se transmite la compresión del primero por medio de bielas verticales, encontrándose equilibrada por el atirantado en cruz que las une diagonalmente y destruido el empuje por el tirante poligonal.

Las bielas están compuestas de cuatro hierros angulares formando cruz, los cuales se separan en el medio de su longitud para adaptarse á otra cruz de hierro colado (*fig. 1241*) en la que se sujetan por medio de dos pernos *nn* que la atraviesan en distinta situación unos de otros para que no tropiecen. En el pie de la biela esta cruz toma la forma indicada en la sección de la *fig. 1242* con objeto de recibir las tirantillas ó barras planas *R*, *R* que forman las cruces de enlace entre los extremos de las bielas. Dicha pieza se une por medio de un perno *L* con otra inferior *os* en la que entran á rosca los dos tirantes *T*, *T*. La unión de la biela con la cercha debe ser articulada para que pueda obedecer á los movimientos del cuchillo.

ARTÍCULO X

Armaduras de hierro de vertientes desiguales ó de alumbrado lateral y quebrantadas.

1213. CUBIERTAS DE VERTIENTES DESIGUALES SIN CORREAS.—Cuando estas cubiertas son de poca luz (2 á 3 metros) pueden formarse solamente de cabrios, empleando hierros T

para la vertiente fuerte y de vidrieras para la otra, según aparece en la *fig. 1243*, apoyando en las mismas canales donde se recojen las aguas de las dos vertientes, las cuales hacen entonces el oficio de vigas ó carreras. A este fin, se emplean canales de hierro colado con un nervio inferior *N* que les da resistencia y con unos rebordes *R*, *R*, para recibir unos hierros angulares en los que se puedan fijar con roblones los pies de los cabrios *A*, *B*, pues éstos no pueden roblonarse en la fundición por la fragilidad de ésta. Para este ensamble se hace á los cabrios el corte que indica el detalle (X), doblando la parte de cabeza *ec* hasta tomar la posición *ce'* que es la que descansa y se roblona con el hierro angular. Los cabrios de la vertiente fuerte ó sean los montantes que dividen la vidriera de este lado, sirven de apoyos á la hilera *H* que es otro hierro T donde encajan los cabrios *B* de la otra vertiente, haciéndoles el corte que se detalla en (Z).

Las sheds tienen por lo regular de 4 á 5 metros de anchura y se construyen con hierros de T sencilla ó doble, apoyando los cabrios de la vertiente suave ú ordinaria sobre las cabezas de los montantes de la otra, que algunas veces son verticales. El ensamble, cuando se emplean hierros I *(fig. 1244)*, exige que se corte ó quite al cabrio *A* que insiste sobre el montante la parte de ala *as* que estorba para poder asegurar la unión por medio de las planchas de ensamble *ean*, las cuales se roblonan en ambos pares. Los cuchillos se enlazan por medio de la hilera *ah*, que aquí es un hierro de canal y se fija por medio de escuadras en el cabrio *A*. Este ensamble se refuerza algunas veces por medio de cartelas de hierro colado *car (fig. 1245)* cuya sección es de T con objeto de recibir los pares que se fijan á ella por medio de pernetes.

Muchas veces sobresale el par propiamente dicho, que es el de la vertiente ordinaria, formando una especie de alero *hc (fig. 1246)*, en cuya extremidad se fija el hierro *ha* que corre á lo largo de la shed coronándola. En esta figura se ve que sobre los montantes *AA* que forman el costado que da luz á la cubierta apoya un hierro angular *eca*, el cual se fija en ellos por medio de escuadras *ae* y recibe los cabrios *B*, que quedan sujetos por medio de la misma escuadra *ae* empleando pernetes. Esta disposición permite disminuir el número de los montantes, estableciéndolos solamente donde hayan de servir para formar los cercos de las ventanas, los cuales se limitan inferiormente por otro hierro *s* paralelo al anterior. Se hace también el ensamble de los cabrios *B* cortándoles la parte de cabeza que apoya en los montantes *(fig. 1247)*, según se detalla en *B* para que encaje en el hierro angular, en cuyo caso puede asegurarse en su posición por medio de escuadras *es*, roblonadas en el alma de los mismos y fijadas con pernetes en el hierro angular. Los cabrios *B* se arriostran entre sí con pernos de cuatro cabezas colocados de trecho en trecho como en los suelos.

1214. CUCHILLOS DE VERTIENTES DESIGUALES.—Cuando esta clase de cubiertas tiene más de 5 metros de luz, se disponen cuchillos como en las armaduras de vertientes iguales y se emplean en pares los hierros laminados ó el palastro, adoptando algunas veces los sistemas de enrejado. Los tirantes, cuando han de recibir ó sostener algun mecanismo, se hacen de hierros que tengan resistencia en su sección para no doblarse. Los extremos de estas cubiertas pueden apoyarse en muros ó columnas de las diferentes maneras explicadas; mas en los encuentros de dos cuchillos se deben ensamblar los pares entre sí por medio de planchas de ensamble, como se ve en la *fig. 1149*, ó entrar ambos en una misma zapata de fundición como la *bcab*, *b'c'* de la *fig. 1248*, dentro de la cual apoya el par *B* contra la cabeza del *A*, asegurándose con los mismos pernos que sirven para retener los tirantes *T*, *T*. También los pares unidos por planchas de ensamble *(fig. 1249)* pueden descansar en una zapata de hierro fundido *zbba*.

1215. Cuando las carreras se forman de dos vigas gemelas de hierros I para establecer en buenas condiciones la canal, los pares se ensamblan en ellas de la manera que se indicó para la *fig. 1150*, si han de descansar sobre las cabezas de las vigas. En caso de ser éstas de palastro *(fig. 1246)*, puede hacerse que el alma *ug* sobresalga de las cabezas por la parte superior con objeto de apoyar los cabrios *A*, *B* contra estos salientes y sujetarlos por medio de escuadras *nur*. El espacio intermedio entre las vigas se rellena de fábrica para que no se doblen ó inclinen sus cabezas, sirviendo á la vez para el asiento de la canal *bn*. Los tirantes que han de sostener poleas, ejes de transmisión ú otros mecanismos, se forman de dos viguetas convenientemente enlazadas á trechos por medio de pernos de cuatro cabezas *pp* para que presenten rigidez: estas viguetas se ensamblan en los costados de las carreras por medio de escuadras *E*.

Habiendo de apoyar los pares en los costados de las vigas gemelas *(fig. 1250)* se refuerzan aquéllos con planchas de ensamble *eans* roblonadas en los mismos, con objeto de que las escuadras de unión *es* abracen toda la altura de las vigas y puedan asegurarse en ellas por medio de pernetes. Para fijar las planchas de ensamble en los pares, se cortan á éstos las alas en la parte *ac* que estorba y en la unión de las escuadras *es* con las vigas se interponen las convenientes contraplanchas, cuyo grueso sea el de las cantoneras de las vigas. Como en el caso anterior, el hueco entre éstas se maciza para hacerlas rígidas y colocar la canal.

1216. Apoyándose en los tirantes *(fig. 1251)*, que para este objeto tienen la conveniente resistentencia, se ensamblan los pies de las sheds en los costados de las carreras, empleando para ello dobles planchas de ensamble *ens*, mediante las cuales el par *P* y el tirante *T* unidos, pueden fijarse en los costados de la viga ó carrera *C* por medio de escuadras *os*, además de descansar sobre otras *E* que hacen el oficio de ménsulas.

1217. Representa la *fig. 1252* el detalle de un cuchillo de una sola vertiente, pero de alumbrado lateral, donde los montantes que dividen las vidrieras son la prolongación de los mismos postes *P* donde apoya la armadura, los cuales son de hierros I de alas anchas. Los pares descansan en ellos por su parte superior, empleando dobles planchas *bdca* para su ensamble y apoyan por su extremo inferior *B'* en el poste del cuchillo inmediato en el mismo punto en que viene á estribar un jabalcon *J* que apea al par *B* en su punto medio, asegurándose el ensamble de las tres piezas por medio de dobles planchas *es*. El jabalcón se ensambla en el par de la manera que indica la *fig. 953*, y está abrazado, así como el par y el poste, por dobles tirantes, como se ve en la sección dibujada á la derecha de la *fig. 1252*, los cuales se ensamblan por sus extremos en las vigas gemelas que enlazan unos cuchillos con otros y reciben entre ellas la canal *C*. De estas vigas, la una *E* se apoya y sujeta en la tabla lateral del poste y la otra en el par *B'*. La hilera *hr* se fija en la cumbre de los cuchillos por medio de escuadras y del mismo modo lo hace el hierro *D* que limita el marco de la vidriera por su parte inferior y va de unos postes á otros.

1218. Otro ejemplo de cuchillo para alumbrado lateral presenta la *fig. 1253* que corresponde á una distancia de 14 metros entre los ejes de las columnas de sustentación sobre las cuales corren vigas gemelas que reciben dichos cuchillos dispuestos á $1^m 83$ unos de otros. Los montantes que forman la vertiente fuerte *ac* son de sección T doble formada con un alma de palastro y cantoneras, apoyando en él el otro par, que es de enrejado N, con la misma sección hecha de barras planas fijadas por cantoneras. Unos y otros descansan por su pie sobre cartelas de hierro colado que se unen por medio de un tirante *T* el cual está suspendido en su medio por una péndola *pn*.

El pie de estos cuchillos se detalla en la *figura 1198*. Las vigas *ac, ac,* que forman la carrera donde descansa la canal, son de enrejado sección T doble y en sus costados se sujetan las cartelas *acd, acd* por medio de cuatro pernos cada una. El montante *A* de la vertiente fuerte, se fija por su pie *ad* en la cartela por medio de dos pernetes *n* en cada uno de los lados y el par *B* por medio de cuatro *n', n'*.

La disposición de la cumbre se detalla en la *figura 1254*. Sobre el encuentro de las dos cantoneras *C, C* que forma la cabeza del par, se fijan otras dos *R* unidas en forma de Z, para sostener los hierros de vidrieras *au* por medio de roblones *R* y enganchar la teja última ó superior *T*. Para cubrir este enlace se hace el relleno de mortero *M* y en él se sienta una teja especial *eht* que se fija inferiormente por medio de un tornillo *L*, á un listón de madera encajado en un corte hecho al hierro *au* del modo que indica la sección (X) y sujeto además por medio de pernos *P*. Los hierros de vidriera *au* que se fijan por su extremo superior en los hierros *R*, se retienen además en su parte media é inferior, por manezuelas *mn* atornilladas ó roblonadas á ellos.

Como la separación de los cuchillos en este ejemplo es solo de $1^m 83$, son inútiles las correas y los cabrios, estando retenidas las tejas por su tope en hierros angulares ó de sección [como el que detalla la *fig. 1255*, los cuales tienen la suficiente resistencia para salvar dicha distancia de $1^m 83$. Se fijan estos hierros en la cabeza *C, C'* del par por medio de escuadras *es, e's'*, que se roblonan en ellas y sujetan dichos hierros con pernetes *N*. En este detalle aparece el empalme de dos de estos hierros *A* y *A* aprovechando para ello la misma escuadra, en la que debe darse más holgura á uno de los taladros *T*, para prevenir las dilataciones y contracciones y facilitar el montaje.

1219. CUCHILLOS ORDINARIOS DE ALUMBRADO Y VENTILACIÓN LATERAL. —Al tratar de los cuchillos de madera y hierro (1163) se indicó en la *fig. 1116* la manera de establecer ventanas laterales de luz y ventilación, y al explicar la formación de los cuchillos curvos de hierro presentamos en la *fig. 1212* otro cuchillo de contorno poligonal al exterior, cuyo lado *ac* puede ser una vidriera y obtener luz y ventilación por medio de ventanas ó persianas dispuestas verticalmente en *cd*. En ambas figuras se obtienen éstas por medio de la prolongación de las vertientes *bd* que defienden las ventanas de la lluvia.

1220. La *fig. 1256* ofrece un cuchillo ordinario de enrejado N, con una abertura lateral *sz* que da luz y ventilación al interior, cuya disposición es muy usada en Alemania. Es de gran resistencia y salva una anchura de 12 metros estando los cuchillos separados 9 metros unos de otros, lo que exige para correas unas vigas de enrejado *A, B, C* de $0^{m}495$, $0^{m}600$ y $1^{m}300$ de altura respectivamente. Descansan los cuchillos por un lado en la pared por el intermedio de una placa de fundición *aa* que tiene unas ranuras donde se alojan las cabezas de los roblones del cuchillo, de modo que pueden resbalar por dichas ranuras en los movimientos de dilatación y contracción que los cambios atmosféricos producen en la armadura. Por el otro lado los cuchillos se apoyan en un poste de enrejado, verificándose el ensamble por medio de una cartela *D* de palastro con cantoneras de refuerzo en el canto que recibe el cuchillo.

En la armadura que nos ocupa, la vidriera ó abertura de ventilación se consigue prolongando las cantoneras ó hierros angulares que forman la cabeza *ob* de uno de los lados de los cuchillos, cuyas prolongaciones se apoyan en montantes inclinados *sz* que descansan en la otra vertiente, yendo de unos á otros el cerco de la vidriera, que es una especie de viga cuyas cabezas superior é inferior son fajas de palastro reforzadas con cantoneras, según se ve en *z, z'z', s, s's'*. Estas fajas se enlazan á trechos de $1^{m}832$ por medio de montantes *mn* que llegan á descansar en la cabeza superior de las correas y están formadas de hierros angulares pareados. Los compartimientos así formados se subdividen por medio de hierros de vidrieras *V, V* para la colocación de los cristales. Los cabrios son de madera *cb (fig. 1257)* y se sujetan en las cabezas *aa* de las correas por medio de pernos *P*, haciéndoles además el corte conveniente *aar* para que encajen en ellas.

1221. CUBIERTAS QUEBRANTADAS Ó MANSARDAS.—En los casos más comunes, los falsos tirantes tienen apoyos intermedios en las paredes divisorias, y entonces se construyen estas cubiertas colocando á distancia de un metro próximamente los cabrios *pr (fig. 1258)* que se hacen descansar y se ensamblan por medio de escuadras en una solera ó hierro plano *p* sentado en la pared y asegurado en ella con pernos empotrados en su fábrica. Estas soleras, que también se hacen de hierros ⊔, se fijan otras veces en las viguetas de suelo, que en este caso hacen el oficio de tirantes. Los cabrios sostienen las correas de quebranto *r*, con las que se roblonan por medio de escuadras, y sobre ellas se establecen á la misma distancia que los cabrios y correspondiéndose con ellos, los falsos cuchillos formados de tirantes *rr* y pares ó cabrios *rc*, cuyo ensamble se detalla en la *fig. 1259*, así como el de la correa de quebranto con el cabrio inferior por medio de la escuadra *E*. Estos cabrios se arriostran, como en los suelos, por medio de pernos de cuatro cabezas, rellenándose el espacio intermedio con yeso y yesones, entre cuyo forjado se fijan unos ristreles ó listones de madera *L*, en sentido de la vertiente, para clavar en ellos la tablazón *tt* que ha de recibir las pizarras *P*. La arista de quebranto se defiende con una pieza redondeada de madera *M* resguardada de la intemperie con las hojas de cinc *ad* que sirven para revestir la cubierta superior *dc*.

1222. Cuando la cubierta es de importancia y la altura aumenta, se establecen cuchillos de 3 á 4 metros de distancia unos de otros, apoyándolos generalmente sobre las vigas del piso inferior *(figura 1260)* por medio de postes *pt* que sirven para regularizar las habitaciones, proporcionándoles paramentos verticales si se hacen entre ellos tabiques de palastro ó de panderete; en cuyo caso defienden el interior de las inclemencias del tiempo, especialmente en climas cálidos, donde el revestimiento de pizarra ó metal en las vertientes ásperas ha de hacer insoportables estas techumbres.

En el caso de la figura, se sientan de plano sobre el suelo inferior los hierros *p* de sección ⊔ para repartir la carga de los postes entre las viguetas del piso y servir de asiento al tabique mencionado. Los postes *pt* y los pares *ar* se forman de hierros angulares pareados, así como la pieza *ap* que los une inferiormente, recibiendo las piezas entre sus

brazos unas planchas P por la parte inferior que refuerzan su base y otra P' por arriba para constituir apoyos á las carreras de arista ó quebranto *rt*, donde descansa el falso cuchillo *tcn* compuesto de pares y tirante, el cual se suspende por su medio de una péndola *cn* para que resista mejor el peso del techo *tn*.

Los cabrios de madera que forman la vertiente áspera descansan por su parte inferior en una solera S del mismo material sentada sobre la pared, y apoyan por arriba contra una contracarrera, también de madera, colocada en la arista de intersección de ambas vertientes. Para los cabrios de la falsa armadura se disponen del mismo material dos contrahileras sujetas en ambos lados de la hilera de hierro *c*.

Los tabiques de panderete que corren de poste á poste para formar paramentos interiores, se fabrican sobre los hierros *p* quedando perfectamente estables; mas si han de forjarse con yeso y yesones, exigen la colocación de postes intermedios entre los cuchillos, cuyos postes pueden ser hierros I de 8 centímetros, enlazados á trechos por pernos de cuatro cabezas, excepto en el hueco de las ventanas.

La correa de quebranto se coloca también con cierta inclinación transversal *(fig. 1261)* para no cortar tan oblicuamente el extremo de los pares superiores.

ARTÍCULO XI

Armaduras especiales de hierro á dos aguas.

1223. CUCHILLOS PAREADOS.—Hay ocasiones en que las armaduras han de sostener grandes cargas y conviene hacer cuchillos dobles dejando entre los que forman cada pareja un espacio de 20 á 30 c/m y aún 50 en ciertos casos, y enlazándolos por medio de pernos colocados de metro en metro para formar un solo cuchillo. Si las correas se ensamblan en los costados de los cuchillos, se arriostran entre sí para rellenar el espacio intermedio con cemento y cascote ó con yeso y yesones y si se sientan encima de los cuchillos pueden asegurarse en ellos por los medios ya descritos ó empleando hierros planos *ac*, *a'c'* *(fig. 1262)*, que se fijan en ellas con roblones y se abren por su parte inferior para empotrarse en la fábrica que rellena el espacio intermedio entre los dos pares A, A.

1224. Representa la *fig. 1263* el pie de un cuchillo de esta clase, donde los pares que están separados 30 c/m, descansan en zapatas de fundición *abc*, *a'b'c'* en cuyos costados vienen á adosarse los dos tirantes T, T, T'. La zapata es asalmerada, según el plano *cb c'b'* para recibir el pie de los pares, los cuales están retenidos entre dobles rebordes R, R, R' donde entra el alma ó nervio de aquéllos. Los extremos de cada dos tirantes se enlazan con planchas dobladas á escuadra *edde*, *e'd'* que se roblonan á ellos, reteniéndolos en la zapata por medio de pernos *nn*, *n'* los cuales la atraviesan de un lado al otro, interponiendo rodajas D entre la zapata y los tirantes. Por su parte superior se reunen los pares en una cumbrera de fundición *(fig. 1264)*, que, como las zapatas, recibe sus almas ó nervios entre rebordes R, R', y está taladrada verticalmente para colgar de ella las dos péndolas P, P, P' cuyos pies retienen, por medio de las tuercas en que rematan, una placa de hierro colado donde apoyan los dos tirantes. Como en el caso anterior, el espacio comprendido entre las correas se forja como los suelos, arriostrándose para ello con pernos de cuatro cabezas.

1225. CUCHILLOS TUBULARES PARA GRANDES LUCES.—Para cubrir espacios de 50 metros y aun más, puede adoptarse en los cuchillos de armadura la disposición indicada en la *figura 1265*, formando un enrejado tubular cuyas caras laterales sean verticales y la superior é inferior tengan la inclinación ó curvatura del trasdós é intradós de la cubierta. Conviene unir los dos extremos del tubo ó sean sus puntos de apoyo por medio de tirantes que eviten su separación. También los ángulos diedros opuestos de su sección transversal, se deben unir por diagonales *ac* *(fig. 1266)* haciendo así completamente invariable el rectángulo *abcd*.

1226. En la *fig. 1267* se tiene un ejemplo de este sistema, empleado por Baudrit en 1853 para una luz de 22m70, adoptando en *ab* y *cd* las secciones que indican respectivamente las *figs. 1268* y *1269*. En ellas, los montantes *ac*, *ac*, son barras planas acodilladas por sus extremos para formar con las cantoneras superior é inferior dos dobles T que se enlazan con otras barras horizontales *bb*, *dd* para formar el rectángulo de la sección.

Aumentando la luz hasta 30 metros propone Baudrit que se empleen seis cantoneras, dispuestas

como indica la *fig. 1270*, y ocho *(fig. 1271)* cuando la luz sea de 50 metros.

1227. En la Exposición de París de 1889, se construyeron armaduras de cuchillos pareados para cubrir galerías de 52m80 y 114m30 de anchura exterior, que tenían adosadas otras de menor anchura. Estaban aquéllas formadas por semicuchillos de enrejado *(figs. 1272 y 1273)* que descansaban por su pie en rótulas ó rodillos de acero, distantes 51m30 en los primeros y 110m60 en los segundos y se encontraban para formar la cumbre de la cubierta por el intermedio de otra rótula también de acero, fundándose esta construcción en lo siguiente:

Cuando los pares tienen una gran longitud y han de sufrir la acción directa de los rayos solares, se producen efectos sensibles de dilatación y el empuje en la cumbre del cuchillo aumenta en gran proporción, interviniendo entonces la rótula para atenuar este aumento, pues permite á los pares dilatarse libremente girando alrededor de ella: además suprimiendo las variaciones demasiado grandes de los empujes en el vértice, se evitan las demasiado grandes de los pies del cuchillo, sea que éstas obren sobre macizos de fábrica, como en el de 115 metros, sea que obren sobre un tirante de hierro, como en el de 50 metros. Otra ventaja es que, lo mismo en el pie que en el vértice del cuchillo, las fuerzas de empuje y presión se ejercen en superficies muy reducidas, como que tienen lugar según generatrices del cilindro muy próximas y esto permite determinar de un modo preciso el punto de aplicación de las fuerzas, sin tener que recurrir á hipótesis para determinar las dimensiones de las piezas, sea que se haga por medio del cálculo ó por construcciones geométricas.

El carácter especial de estos cuchillos es que las dos mitades son discontínuas, no habiendo unión entre ellas y el suelo más que por las fuerzas naturales de pesantez y empuje. Las dos se apoyan una contra otra en el vértice y reposan libremente sobre el suelo por el intermedio de las rótulas.

1228. El cuchillo de 50 metros de luz *(figura 1272)* afecta interiormente la figura elíptica sobre pies verticales de 15 metros de altura y tiene su vértice á 28 metros del piso, con sus dos vertientes ligeramente curvas. Las rótulas de pie *R (figura 1274)* son recibidas en semicoginetes de hierro colado, fuertemente encajados en zapatas muy sólidas del mismo material, siendo ambas piezas atravesadas por el tirante *tt, t'* de hierro forjado de 8 c/m de grueso, el cual está provisto en toda su longitud de tres manijas ó ajustadores para atirantarlo. Sobre las rótulas de pie, que tienen 25 c/m de diámetro, descansan por el intermedio de otros semicoginetes *cc*, los apoyos del cuchillo que sobre una forma triangular se elevan con una anchura constante de 1m50 hasta unos 12,50 próximamente, donde se ensanchan interiormente formando una especie de zapata ó capitel *ad (fig. 1272)* para dirigirse verticalmente á tomar la curvatura de la elipse. Por la parte exterior, el apoyo se presenta vertical hasta la canal ó alero en que rematan las vertientes. Las dos líneas de contorno de cada semicuchillo, se unen en la cumbre según medio círculo, terminando en dos semicoginetes *(fig. 1275)* entre los cuales encaja una rótula de 25 c/m como las de pie.

Los semicuchillos, tanto en la parte de apoyo como en la de los pares, tienen la estructura de una viga de enrejado y para evitar la demasiada anchura que exige su solidez, lo cual produciría un efecto muy pesado, se dispusieron pareados de formas idénticas, colocados á 0m442 uno de otro *(figura 1274)*, consiguiéndose de este modo, que á pesar de tener 18 metros los tramos ó distancia de unos cuchillos á otros, su resistencia es la necesaria para sus grandes dimensiones y el aspecto resulta ligero. Estos dos cuchillos gemelos estaban perfectamente ligados el uno al otro por los bastidores de las galerías laterales y de las vidrieras y por planchas colocadas en la prolongación de las correas, que para salvar los 18 metros de longitud de los tramos se hicieron como vigas de enrejado de 75 centímetros de altura, viniendo á unirse á los pares por medio de arcos de apoyo á modo de cartelas.

Los contornos interior y exterior de los semicuchillos están constituidos por una faja de 350 milímetros de anchura por 6, 12, 18 y aun 30 m/m de grueso, dos cantoneras de 80×80 por 8 y 9 m/m y un alma de 300 por 8 y 350 por 9 m/m. El enrejado lo forman dobles barras de 120 por 13 m/m en los apoyos y de 100 por 7 y de 150 por 9 en los pares, dispuestas solamente en el sentido de la tensión y montantes igualmente dobles de hierros T de $\frac{150 \times 80}{9}$ á $\frac{165 \times 80}{9}$. Los aumentos de espesor tienen lugar en los apoyos y pares en las secciones inmediatas á los tímpanos que es donde los momentos de flexión adquieren sus más grandes valo-

res. Las extremidades de los semicuchillos (base y vértice) se reforzaron con planchas para resistir á los esfuerzos de compresión; y con objeto de aumentar la estabilidad, especialmente durante el armado ó montaje de la armadura, se cercaron los semicojinetes de cumbre con un sólido aro de hierro dispuesto de manera que no impidiese la articulación de los pares.

1229. Los cuchillos de 115 metros de luz *(figura 1273)*, tienen su intradós vertical en 7 metros, continúa después según un arco de 22^m679 de radio medio sobre $^1/_6$ de su contorno y termina por una tangente á este arco ligeramente curvilínea hasta el vértice, teniendo una inclinación de 25° sobre la horizontal. Los dos semicuchillos se encuentran en la cumbre, según un ángulo de 145° situado á 43^m50 del suelo. El trasdós se compone de dos rectas, una vertical de 23^m50 hasta el alero ó canal *C*, y la otra ligeramente curva desde este punto á la cumbre por una paralela al intradós.

En esta armadura, las rótulas están fuertemente amarradas al cimiento por medio de 6 pernos de 8 $^c/_m$ de grueso, que tienen sus extremos inferiores sujetos en hierros *rr* de sección I de $\frac{180 \times 55}{8}$ dispuestos horizontalmente con el intermedio de anchas rodajas de hierro fundido. La cabeza superior de los pernos sujeta una placa de $1^m85 \times 1^m70$ por 0^m07 de grueso que lleva el soporte donde descansa la rótula *R*. Además el macizo de fundación tiene el espesor suficiente para que la resultante de los esfuerzos de pesantez y empuje caigan dentro de él. La rótula de apoyo es plana por debajo en su asiento y termina por encima en una superficie cilíndrica de 0^m25 afectando la forma de una retorta de gas con una longitud de 1^m34, estando vaciada, según su eje longitudinal, con un hueco de 0^m18 de anchura por 0^m09 de altura. El cojinete que está en contacto con la parte cilíndrica de la rótula, presenta por encima una base cuadrada de 1^m20 de lado con tres ranuras paralelas á la rótula y dos fuertes resaltos semicilíndricos largos de 0^m52 y altos de 0^m23, en las que encajan exactamente las dos almas de hierro del semicuchillo, que como en la armadura de 50 metros, está formado de dos, separados aquí 0^m55 uno de otro. Los resaltos están atravesados en toda su longitud para recibir pernos de 60 milímetros de grueso, que son los órganos esenciales de ligazón íntima entre el cuchillo y el cojinete, y en las ranuras se ponen hojas de plomo destinadas á hacer uniformes las compresiones del cuchillo sobre el cojinete.

La estructura de los semicuchillos es de enrejado de cruz, excepto en la base *B* y en la cúspide *D*, que tienen sus paredes de palastro reforzado con hierros angulares y planchas. Sobre el cojinete, cuya placa superior es, como se ha dicho, de 1^m20 en cuadro, se eleva el apoyo del semicuchillo que, con forma trapezoidal, gana los 3^m70 que tiene de anchura el arco en su base, la cual disminuye gradualmente hasta la cumbre, donde tiene solamente 3 metros. En ésta, cuyos esfuerzos son de compresión como en la base, los brazos de aspa *A*, *A'*, en lugar de encontrarse en el centro del cuadro, están dirigidos al eje de la rótula, transmitiendo así sus empujes á los contornos interior y exterior del arco. El brazo superior *A* es el más comprimido y tiene su alma llena de 500 milímetros por 7, con cabezas formadas de hierros angulares de $\frac{80 \times 80}{8}$ y fajas de 350×9. El inferior *A'* es de celosía con aspas y montantes de 60 milímetros por 7, cantoneras de $\frac{80 \times 80}{8}$ y fajas de 200×9.

En la articulación de la cumbre, la rótula de acero tiene 0^m68 de longitud y 0^m35 de diámetro exterior con un hueco de 0^m15 y es recibida por dos semicojinetes simétricos circulares alojados en el interior de las almas de cada semicuchillo. Los semicojinetes y la rótula son abrazados por cuatro semicoronas situadas al exterior de las almas de los cuchillos, á los que se ligan fuertemente por medio de doce pernos de 25 milímetros de grueso, los cuales atraviesan las cuatro planchas que forman el alma de aquéllos en este punto. Por el hueco de la rótula pasa un eje de 15 centímetros de diámetro, á cuyas extremidades se atornillan tuercas especiales de forma semiesférica que apoyan por sus bordes en las coronas y tienen unas salidas á modo de orejas para recibir los contravientos diagonales que enlazan cada dos cuchillos contiguos. Los cojinetes son abrazados por dos semicírculos de hierro forjado unidos por pernos para completar la solidaridad entre los dos semicuchillos sin entorpecer los movimientos de la articulación.

El tímpano de los cuchillos no entra para nada en la resistencia y no funciona más que como soporte de la cubierta, adosándose á su parte exterior vertical las vigas *V* que sostienen el piso de las galerías laterales, así como los cuchillos de su cubierta

y la pared mural de la gran galería con la canal que recibe sus aguas. El tímpano se compone de dos grandes almas caladas de 8 milímetros de espesor ensambladas por cantoneras de $\frac{100 \times 100}{10}$ y fajas de palastro de 0^m77 de anchura, teniendo montantes *N* á continuación de los del cuchillo con su misma composición.

Los montantes *M* de las dos almas que componen cada semicuchillo y se corresponden ó están á la misma altura, se enlazan entre sí formando vigas llenas, cuya longitud es la distancia variable *aa* entre los arcos de contorno y su anchura ó nervio lo que hay de un alma á otra, ó sean 54 centímetros, presentando las cabezas en los frentes. Las de la inferior *M* tienen un hueco para dejar paso á un hombre que pueda subir por una escala dispuesta sobre el intradós en el espacio que dejan los dos semicuchillos.

ARTÍCULO XII

Construcción de faldones y penetración ó encuentro de armaduras de hierro y medios de darles estabilidad.

1230. FALDONES.—En las armaduras de hierro que salvan anchuras de poca consideración, los faldones se forman *(fig. 1276)* con los semicuchillos de lima tesa *ao, ao* apoyados contra el primer cuchillo *bb* de la cubierta, pues que las correas *C* bastan para resistir el peso del faldón ó parte triangular *aoa*. La tensión de los tirantes de estos semicuchillos se contrarresta por medio de otro que une por su pie el pendolón del cuchillo *bb* con el del inmediato *dd* y éste con el que le sigue, ó mejor disponiendo dos en la prolongación de los de lima tesa *ao* hasta los arranques *d, d* del segundo cuchillo, estableciendo en ambos casos un enlace entre el enrallado del faldón y la armadura del resto de la cubierta.

El ensamble de los pares de lima tesa en la cúspide *o*, se verifica por medio de planchas acodilladas según el ángulo que forman aquéllos entre sí y con el cuchillo *bb*, como se detalla en la *fig. 1277*, donde *A, A'* representan los pares de lima tesa, *B, B'* los del último cuchillo y *H, H'* la hilera. Las planchas tienen que acomodarse á la inclinación de las diferentes piezas que unen, disponiéndose éstas de manera que sus cantos ó cabezas superiores se dirijan al punto culminante de la cubierta, el cual muchas veces se adorna con una veleta ú otro remate análogo. El ensamble de los cuatro pares que en este punto confluyen, se realiza muchas veces en una cumbrera de fundición, donde se disponen cajas inclinadas para recibirlos y en la que hay otra horizontal para la extremidad de la hilera, la cual hace contrarresto al empuje que producen los pares de lima tesa en el cuchillo donde apoyan.

Los tirantes ó aguilones se ensamblan en el pie del pendolón ó péndola del último cuchillo, empleando placas sencillas *(fig. 123)* en las que se sujetan los extremos de los semitirantes por medio de pernos, á cuyo fin se les da la forma de horquilla, ó disponiendo dobles placas *(fig. 1278)* que reciben entre una y otra los extremos aplanados de aquéllos. El pendolón retiene estas placas generalmente por medio de una tuerca *T*, que es al mismo tiempo un adorno torneado, según se ve en la figura. Cuando los tirantes están inclinados no pueden ensamblarse en placas dispuestas horizontalmente porque las doblarían, produciendo este esfuerzo su desgarramiento, y se acude al empleo de piezas especiales ó al medio indicado en la *fig. 1279*, consistente en planchas angulares *aoa, a'o'a'* que rodean el extremo del pendolón *P* en forma de radios. Éstos son abrazados ó cogidos los de cada dos planchas por la horquilla con que terminan los semitirantes *T, T*, sujetándose con pernetes y sosteniéndose todos por el enlace que con el ensamble de los tirantes se establece entre unas y otras. Como anteriormente, se disponen dos tirantes ó uno solo *R* que enlace este enrallado con el cuchillo inmediato de la cubierta para el contrarresto de las tensiones producidas por los tirantes de lima tesa.

1231. Se suprime algunas veces el cuchillo que recibe los de lima tesa cuando el anterior está muy próximo. En este caso se prolonga la hilera *H (figura 1280)* hasta el punto *c* que correspondería á dicho cuchillo, y en este extremo se ensambla un pendolón *cp*, el cual se encepa entre dobles puentes *de*, que vienen del anterior cuchillo *D* y van á servir de apoyo por su extremo *e* al par *ac* correspondiente al medio del faldón. Los pares de lima tesa tienen de este modo el punto de apoyo *c*, ensamblándose con el pendolón por medio de planchas aisladas, como en los casos anteriores. Los hierros que han de servir de puentes para enlazar el pie del pendolón con el cuchillo último y con el par

del faldón, deben tener sección de ⊏ ó de I para que resistan sin doblarse los esfuerzos de compresión á que están sometidos, manteniéndose horizontalmente rígidos.

1232. Cuando se disponen semicuchillos de faldón *(fig. 1281)*, el par que le corresponde desde *c* hasta *f* está contrarrestado por la hilera *H*, y para su ensamble se emplea muchas veces una cumbrera de hierro fundido, como la de la *fig. 1282*, donde la hilera entra en la caja *H, H'* y en las *B, B* los extremos de los pares correspondientes al último cuchillo, recibiendo del mismo modo el par *F, F'* del faldón. Todas estas uniones se aseguran por medio de pernos que atraviesan las cajas y las piezas que en ellas entran. La misma pieza de fundición está taladrada verticalmente por su centro para recibir el pendolón ó péndola que consta de dos partes: la superior *ac* que entra en el taladro y está retenida por su cabeza *c*, y la inferior *db* que empalma con ésta por medio de enchufe sujetándose con una clavija de acero ó doble cuña *nu*. Los pares de lima tesa *(fig. 1281)*, se ensamblan en el cuchillo de faldón *fc* y en el último *bcd*, empleando planchas dispuestas como cuadrales que se sujetan en ellos por medio de escuadras abiertas y que reciben en su medio (asegurándose del mismo modo) dichos pares de lima tesa *ae*. Deben éstos levantarse entonces entre las escuadras de unión para que su canto superior *a* se encuentre en la arista de lima tesa.

El ensamble de los pares de faldón con los del último cuchillo y con la hilera puede verificarse también (y es lo más general) por medio de escuadras *E, E (fig. 1283)*, las cuales se fijan con roblones en el alma de la hilera *H* y del par de faldón *F*, sujetándose á los pares del último cuchillo *BB* por medio de pernos. En este caso, los pares de lima tesa, cuyos nervios están indicados en *L,L*, se fijan en su sitio empleando planchas dobladas de la manera conveniente *dac*, que pueden venir del taller roblonadas á ellos, ó que se fijan en la obra por medio de pernetes del mismo modo que en los *B B* del último cuchillo y en el faldón *F*.

1233. ENCUENTRO DE ARMADURAS DE HIERRO. — En los nudos formados por dos cubiertas de igual altura, que se cruzan normal ú oblicuamente, se enlazan los pares y puentes de los cuchillos diagonales por medio de escuadras ó de planchas dobladas análogamente á como se ha explicado anteriormente para la formación de los faldones, ó valiéndose del pendolón que entonces es común para todos los cuchillos del nudo. Puede formarse éste también disponiendo semicuchillos en las limas hoyas, cuyos pares ó puentes se ensamblen con las hileras y sotahileras, empleando las planchas diagonales ó cuadrales de que también hemos hablado.

Si el encuentro es como el que indica la *fig. 865*, los dos semicuchillos de lima hoya *hn, h'n* pueden ensamblarse con otro *nc* que contrarreste su empuje, empleando para la unión los mismos medios indicados.

Cuando una cubierta encuentra á otra de mayor altura *(fig. 1284)*, se dispone una fuerte correa *cc* colocada de canto ó sea con su alma vertical á la altura conveniente de la armadura más alta para recibir la hilera *on* de la más baja. Los pares de lima hoya *ho, ho* se fijan por sus extremos superiores en cuadrales ó planchas diagonales sujetas en dicha correa *cc* y en la hilera *on*. Puede colocarse también un cuchillo inclinado en la dirección de las líneas *hoh*, apoyándolo contra la misma correa *cc;* pero entonces resulta muy complicado el ensamble si la hilera *on* se encuentra á la misma altura que la unión de los pares *oh, oh* y solo se adopta dicha disposición cuando la hilera va encima del ensamble de los mismos.

1234. CONTRAVIENTOS PARA ENLAZAR LOS CUCHILLOS.—Más que en las armaduras de madera, es importante en las de hierro procurar la estabilidad de los cuchillos y prevenirse contra la acción de los vientos, adoptando las disposiciones que se indicaron en el artículo II (1045 y 1046).

En los cuchillos del sistema Polonceau, la invariabilidad no está bien segura, sobre todo si las bielas son largas, y es indispensable acudir al empleo de las riostras que unan los pies de las bielas, como se indicó al tratar de estos cuchillos (1187), cuyas riostras se ponen tirantes atornillando sus extremos con tuercas. El arriostrado en el pie de los pendolones, puede efectuarse haciendo que éstos atraviesen por su centro una ó dos placas, como se ve en la *figura 123*, viniendo á sujetarse en ellas al mismo tiempo que las mitades *T, T* del tirante, las extremidades *V, V* de los vientos ó riostras que enlazan un cuchillo con los contiguos.

Los contravientos verticales que diagonalmente van del pie de un pendolón á la cumbre del cuchillo inmediato, pueden ensamblarse en las placas

del caso anterior, acodillando al efecto sus extremos para que se adapten á ellas. La *fig. 1285* detalla un ensamble de esta clase, donde P, P', P'' representa la péndola del cuchillo, J, J', J'' los jabalcones, y T, T' los semitirantes, los cuales son recibidos en las placas ad, $a'd'$, $a''d''$, entre las que entran también las riostras horizontales H, H', que van de unos cuchillos á otros, apoyando contra las mismas las riostras verticales ó vientos V, V' V'', que van á las cumbres ó vértices de los cuchillos contiguos. Todas estas piezas quedan sujetas en las placas por medio de los pernos que indica la figura, para cuyo efecto se acodillan los extremos de las piezas inclinadas.

1235. El arriostrado de cruces de San Andrés en sentido de las vertientes de una cubierta, se efectúa adoptando cualquiera de las tres disposiciones indicadas en las *figs. 1286, 1287* y *1288* que representan alzados longitudinales, donde los cuchillos están señalados con la letra A, las correas con la C y los contravientos con la V. Éstos no llegan á la hilera cuando las cruces se establecen entre correa y correa como se ve en la *fig. 1286*. Si las correas están muy próximas unas á otras en relación con su longitud, las diagonales resultan entonces muy oblícuas, teniendo poca eficacia y se establecen de dos en dos correas, como en la *figura 1287* ó de tres en tres. La disposición de la *figura 1288* se adopta cuando los cuchillos están muy inmediatos unos á otros y tienen una inclinación bastante para que produzca resultados eficaces.

Los contravientos son generalmente hierros redondos ó planos, y los que se colocan sobre las correas se ciñen uno á otro en su punto de cruce como las aspas de una viga de celosía ó enrejado, acodillando sus extremos para fijarlos por medio de pernetes en el costado de dichas correas. Los primeros vientos ó diagonales á partir de abajo, se fijan en la zapata ó en la columna donde descansan los cuchillos ó en el pie de los pares lo más cerca posible de los arranques.

Cuando el contraventeamiento se hace sobre los pares, se fijan los extremos de los vientos por medio de planchas pa *(fig. 1289)* que se roblonan en la cabeza de los pares ó en su cara superior. En ellas se retienen los extremos R, R' de las riostras, empleando pernetes n, n', y en su cruce se fijan uno á otro del mismo modo ó se divide cada uno de ellos en dos, fileteándose por uno de sus extremos para atornillarlos en un aro ar *(fig. 1290)*, pudiendo así atirantarse por medio de las tuercas T. Si las riostras han de fijarse en el nervio de los pares, es decir, normalmente á sus caras verticales *(figura 1291)*, se pueden terminar en horquilla para coger unos hierros de sección ⊤ roblonados en dicha alma, á los cuales se sujetan por medio de pernetes nn. También se acodillan ó doblan en ángulo recto, las extremidades de las riostras ó formando una patilla *(fig. 1292)*, en cuyo caso se fijan al alma ó nervio del par empleando pernetes nn.

El arriostrado de los cuchillos de grandes luces constituye verdaderas vigas de enrejado que forman las correas y la hilera como se ha visto, especialmente al tratar de la armadura construida para cubrir el palacio de cristal de Londres y se ha indicado respecto de los cuchillos empleados en la Exposición de París de 1889.

1236. SUJECIÓN DE LAS ARMADURAS DE CUBIERTA EN MUROS HASTIALES.— Para fijar de una manera estable las armaduras cuando los extremos son paredes testeras ó piñones, se aseguran las correas y la hilera en la fábrica por los medios que se indicaron al tratar del empotramiento de las viguetas de suelo y de las vigas maestras.

Se adosan también contra las paredes los pares de ambas vertientes *(fig. 1293)*, fijándolos por medio de barras acodilladas acd que se empotran en la fábrica y mantienen invariable el cuchillo de cabeza y por consecuencia los restantes si están arriostrados con él de un modo fijo.

Si las paredes son de sillería, se terminan las correas y la hilera con escuadras es *(fig. 1294)* fijando éstas directamente en la pared con un perno P ó por el intermedio de una plancha supletoria aa *(fig. 1295)* cuando la hilera ó las correas caen sobre un vano V, en cuyo caso el perno situado en n haría estallar en astillas la esquina del sillar S.

ARTÍCULO XIII

Armaduras de cubiertas á más de dos aguas y en cúpula, empleando el hierro.

1237. ARMADURAS EN PABELLÓN Á CUATRO AGUAS. — Las más sencillas se forman con cuatro semicuchillos diagonales que se cruzan *(fig. 1296)*, ó mejor con un cuchillo dis-

puesto en una de las diagonales *ad* donde vienen á ensamblarse por uno y otro lado otros dos semicuchillos *ob, oe;* empleando para ello escuadras rectas si la base del pabellón es un cuadro, y cerradas ó abiertas, cuando no. Por su pie descansan estos cuchillos en una solera continua *abde* hecha de hierro plano ó de sección de [ó I. Formadas de este modo las cuatro limas tesas, se procede á colocar las correas *cc* que han de recibir los cabrios cortos, aunque si el pabellón es de reducidas dimensiones éstos descansan directamente sobre los pares de los cuchillos diagonales, suprimiendo las correas como se indica en *A*. En ambos casos, los cabrios resultan de longitudes desiguales y sus secciones deben disminuir según se van acercando á los ángulos de la base.

Esta clase de cubiertas tienen muchas veces una linterna central *(fig. 1297)* y entonces los pares diagonales de lima tesa vienen á ensamblarse en un hierro de I ó de [que forma el cuadro *cdbe* donde descansa la linterna, sujetándose en su alma (cuya situación es vertical) por medio de escuadras abiertas que se roblonan en dichos pares y se fijan al marco con pernos. El marco puede tener un emparrillado que lo haga indeformable y rígido como indica la planta. Los cabrios apoyan unos contra la viga del marco y otros, que son más cortos *P, P,* contra las limas tesas ó pares diagonales *ac, ad,* del mismo modo que en el caso anterior. Esta armadura descansa sobre una solera de hierro I sentado de plano *(fig. 1298),* en el que se fijan los pies de los pares *A, A'* empleando para ello planchas que se doblan convenientemente *aeb, a'e'b'*. Las soleras se ensamblan sólidamente entre sí en los ángulos de la base por medio de planchas cubrejuntas cortadas á la medida del espacio *xex,* comprendido por las alas de los hierros ⊢ que hacen de soleras.

1238. Aunque truncadas sus aristas por chaflanes, es una cubierta á cuatro aguas la representada en la *fig. 1299* y que constituye una de las dos monteras colocadas en los patios del palacio provincial de Badajoz, bajo los planos y dirección de los señores Brioso, Arquitecto, y Rodríguez Spiteri, Ingeniero de caminos, con motivo de la Exposición regional. Cada uno de los cuatro cuchillos se compone de otros dos *ad, ad, a'd',* hechos de enrejado N y enlazados en su arranque por una plancha vertical *aa,* los cuales se separan para apoyarse en su parte superior en una correa octogonal de enrejado de cruz.

Estos cuchillos se enlazan además en tres puntos de su longitud por bastidores *B, B'* que se corresponden con las correas *C, C', C''*. Sobre la corona descansan los montantes de la linterna en la cual se abren ocho vidrieras para ventilación.

Los cuchillos parciales de enrejado tienen sección de doble T, formando sus cabezas con hierros angulares ó cantoneras que sujetan los extremos de los brazos *bp, np* de las N, cuyas piezas son hierros planos. Los extremos inferiores de cada par de cuchillos se ensamblan en la plancha vertical *(figura 1300),* por medio de dos escuadras *es, e's', e''s'',* colocadas por la parte exterior de los mismos. Por su parte superior van á ensamblarse los pares en el lado correspondiente de la corona octogonal *(fig. 1301),* por medio de dos escuadras cada uno que los fijan en unas planchas de ensamble *cb*. Es la viga octogonal de sección de doble T y tiene formada cada una de sus cabezas con dos hierros angulares ó cantoneras que reciben las barras planas de las aspas.

Las correas de la montera en número de tres *(figura 1299),* son vigas de celosía *(fig. 1302),* de distinta longitud y altura, pero formadas todas de dos hierros angulares *A, B* paralelos y enlazados por ocho aspas las más bajas, seis las intermedias y cuatro las más altas, además de los montantes *M*. Su ensamble con los cuchillos se corresponde con el de los bastidores *bs* que enlazan los dos pares que forman aquéllos y se verifica por medio de planchas dobladas *dcan* que se roblonan en los hierros angulares *A, B* de las correas y se fijan con pernetes *c, a* en las planchas verticales de los cuchillos, en las cuales vienen también á fijarse los bastidores *bs,* para cuyo objeto terminan por sus costados en escuadras *eb*.

Sobre las correas descansan los cabrios ó sean hierros ⊥ dispuestos en sentido de la máxima pendiente para recibir los cristales, que son el revestimienta de la montera.

Los montantes *P, P'* de la linterna *(fig. 1301),* están formados de dos hierros angulares cada uno, que se fijan por su pie mediante pernos en una cantonera *a, a'a',* roblonada en la cabeza superior de la corona y se unen entre sí en su parte superior por medio de una plancha de ensamble *nhg*. Los montantes se enlazan unos á otros por medio de hierros angulares abiertos *D, D',* sobre los que descansan los pares ó cabrios de la cubierta piramidal de la linterna. Los que forman las limas tesas son

hierros angulares pareados *F, F'*, que se roblonan en la plancha de ensamble *hgn* y se unen en la cúspide de la cubierta mediante un tambor de palastro, al cual se fijan con pequeñas escuadras. Sobre las cantoneras *D, D'*, se roblonan otros hierros dispuestos según la pendiente de la cubierta, los cuales son de sección ⊥ para recibir los cristales de la misma y se fijan por su extremo superior sobre los hierros angulares *F, F'*, volando como estos por abajo para defender de las lluvias á las vidrieras laterales de la linterna.

1239. ARMADURAS DE CUBIERTAS PIRAMIDALES Y CÓNICAS.—La armadura de unas y otras es igual, variando solo las correas que son rectas en las primeras y curvas en las segundas.

Cuando son de reducidas dimensiones, la estructura de estas cubiertas se forma con los cabrios suprimiéndose los cuchillos. Los cabrios se ensamblan por sus extremos superiores en un manguito ó nabo hueco prismático de hierro plano con tantas caras como cabrios, en cada una de las cuales hay practicada una abertura rectangular *(fig. 1303)* para recibir el extremo aplanado *A, A'* del cabrio, al cual se le han cortado en caliente los brazos ó cabezas en caso de ser de sección angular ó de T, no dejándole más que el alma ó nervio principal. Para retenerlos contra el manguito lleva cada cabrio una muesca *e, e'* encajando en todas ellas otro aro cilíndrico ó prismático *es* que entra á la fuerza y los mantiene fijos en el manguito, evitándose todo movimiento al colocar la tapa *aa*, la cual se fija en su sitio por medio de un perno *Bp* que lleva el piñón de remate *B* y se aprieta contra la placa inferior *cc* empleando una tuerca *p*.

Siendo de mayores dimensiones la cubierta, el anillo interior se sustituye *(fig. 1304)*, con dobles cuñas *A, C*, que tienen la forma de horquilla, como se ve en (C), para abrazar el nervio vertical del cabrio que se corta según se indica en (B).

Por su pie inferior los cabrios se apoyan en un cerco poligonal ó circular formado de una ó más piezas empalmadas por medio de cubrejuntas, contrarrestándose de este modo el empuje de los cabrios dichos, los cuales se fijan con escuadras ó piezas especiales.

1240. Siendo las armaduras piramidales ó cónicas de mayores dimensiones que las que solo exigen cabrios, debe estudiarse la manera de destruir el empuje de los pares si los semicuchillos no tienen tirante, estableciendo cercos de resistencia suficiente para que sirvan de solera donde estriben los pies de los pares y enlazando éstos además con las correas y con la corona ó nabo que forme la cúspide.

La cubierta del kiosco dispuesto para la orquesta de un paseo público, representado en la *figura 1305*, tiene $9^{m}40$ de luz con un alero alrededor de 2 metros de vuelo y se compone de ocho pares de sección I para formar las limas, ensamblándose en la cúspide en las caras de un tambor octogonal de hierro fundido *T, T'* y por su pie en una viga tubular apoyada en ocho columnas de hierro y formando una canal continua sobre planta octogonal para recojer las aguas de lluvia, las cuales descienden por dentro de dichos apoyos saliendo por gárgolas *G, G*, dispuestas en el zócalo ó basamento del kiosco.

Las columnas *(fig. 1306)*, terminan por su parte superior en unos prismas exagonales en los que llevan por cabeza una especie de zapata para el empalme de las vigas que constituyen la canal y están formadas, como se ve en la sección *AB*, de una plancha *aa* para solera y otras dos *ac* para paredes, unidas por cantoneras exteriores *a, a* y reforzadas por otras situadas en los bordes *c, c*.

En la cabeza de la columna *(fig. 1307)* se sujetan por medio de pernos, apoyándose además en cartelas de palastro *adc*, los pares ó limas *L* y las cartelas que forman la parte volada de la cubierta, las cuales están compuestas de una pieza de palastro *B* reforzada con cantoneras para presentar sección de T doble y de un adorno de hierro forjado y fundido, teniendo el vuelo la pendiente invertida ó sea hacia la columna donde desagua por el intermedio de la canal.

El empalme de los trozos de canal y su sujeción sobre la columna, así como la del par de lima tesa, se verifican por medio de pernos en las zapatas de fundición, como detalla la *fig. 1308*, donde se representa su planta superior, la cara exterior en *E*, la interior en *I* y la sección *AB* de la parte prismática de la columna.

Los pares ó limas se ensamblan alrededor del tambor de la cúspide *(fig. 1309)* por medio de escuadras *E, E*, reforzándose esta unión con cartelas de palastro *C, C* que impiden todo movimiento en este punto. En el eje de este tambor va una barra *B*, cuya parte superior sostiene la veleta y la inferior la araña, así como los remates de cinc en que termina el tambor por arriba y por abajo.

El empuje de los pares se anula por la ligazón

que proporcionan, especialmente, las fuertes correas *S, S'* de la cúspide, así como las ordinarias *R (figura 1307)*, que además de ensamblarse en los pares por medio de escuadras se fijan por dos pernetes en pequeñas cartelas de fundición *O*, las cuales van sujetas al alma de los pares con otros cuatro pernos. La canal poligonal contribuye también á destruir el empuje de las limas enlazando las columnas.

Sobre los pares y las correas de hierro van otras *M* de madera moldurada formando artesones, y entre este techo y el revestido de la cubierta, que es de cinc, queda un espacio hueco, cuya separación se obtiene por medio de cabrios y que sirve para dar sonoridad al techo y para impedir el paso del calor solar.

La pieza de fundición que forma la cúspide de estas armaduras, se hace también con unas aletas salientes *aes, aes (fig. 1310)* donde se sujetan los pares por medio de pernos introducidos por los taladros T.

1241. Obra del Sr. Brioso, ya citado, es la armadura de cubierta cónica del teatro de Badajoz, cuya planta presenta la *fig. 1311*. Está compuesta de semicuchillos de enrejado *A, B, A* que se ensamblan por su parte superior en una corona *cabc*, también de enrejado (la cual forma el contorno de la linterna) y descansan por su pie en el muro de circuito *c'a'b'c'* de 1^{m}40 de espesor. Los semicuchillos *A, A* se unen por un puente *aa* de enrejado y los *cc', cc'* sirven de apoyo á trozos de cuchillos *O' O'*, cuyo objeto es disminuir el tiro de las correas que se señalan en la figura con líneas de puntos.

Como ejemplo de los cuchillos, presentamos en la *fig. 1312* el que corresponde á las líneas *a'a* de la planta. Afectan la sección de T doble y se forman con cantoneras pareadas en sus cabezas, las cuales reciben los extremos de los montantes *mn* y de las aspas *A*, que son de hierros planos y se sustituyen en los arranques y en la parte superior por planchas de palastro del mismo grueso que dichas piezas: estas planchas están ribeteadas por cantoneras en el pie de los pares para presentar buen asiento. El cuchillo está apeado en un metro de su longitud junto al arranque por cartelas *dc* formadas de hierros angulares pareados en su contorno y ensambladas en sus ángulos por planchas, teniendo una mangueta *M* de hierro plano en su medio. La cartela tiene 1^{m}50 de altura y descansa en una ménsula de piedra *d*, sujetándose al par ó cuchillo por medio de cuatro pernetes. El ensamble de estos semicuchillos con la corona de la linterna, que es también de enrejado de cruz ó aspas *(fig. 1313)*, se efectúa en un montante ó plancha *zr* por medio de escuadras *es, e's'* que reciben en medio la plancha *cd, c'd'* que, como se ha dicho, sustituye á las aspas en este punto.

Las correas que van de unos cuchillos á otros en la armadura principal, son hierros I de altura variable, teniendo 20 centímetros los más bajos y 12 los más altos, en atención á que la distancia entre los cuchillos va siendo menor á medida que se aproximan á la linterna. Se sujetan en las cabezas de los cuchillos *(fig. 1315)* por medio de hierros acodillados *ac, a'c'* que hacen el oficio de ejiones. Sobre estas correas están sentados los cabrios de madera, los cuales se retienen para evitar su resbalamiento por medio de unas muescas practicadas en ellos, donde entra la cabeza superior de las correas de la manera indicada en la *fig. 943*.

Los montantes de la linterna *et (fig. 1312)*, que son tantos como semicuchillos, están formados de hierros angulares pareados que reciben por su cabeza otros tantos pares, también de hierro angular, los cuales están reforzados por otros arqueados, verificándose la unión entre ellos por medio de planchas de ensamble. El par y el arco se enlazan por una plancha en su tangencia *s*, y el ángulo entre el par, el arco y el montante se fija con tres barras planas, que son la mangueta *G* y los codales vertical y horizontal que con ella forman una triangulación invariable. La parte del par que vuela fuera de la linterna está apeada por jabalcones de hierro plano *J* cogidos por sus extremos entre los hierros angulares del par y del montante, y cuyo ensamble se fija con pernetes. Estos semicuchillos se unen en la cúspide por medio de un tambor de hierro fundido, en cuyos costados se fijan con pernetes las cantoneras con que rematan los cuchillos y en su centro la espiga del pararrayos en que termina la armadura.

Las correas que enlazan los semicuchillos de la linterna están formadas de dos hierros angulares cosidos ó roblonados en forma de Z, como se detalla en la *fig. 1314*, fijándose en los brazos de los pares *P* por medio de pernetes *ss, s's'*. Los cabrios *C, C'* son hierros de ⊥ sujetos á las correas por otros pernetes *nn, n'* y sostienen la tablazón de un tejado ordinario, aunque estaban destinados á recibir cristales.

En el encuentro de los cuchillos ó pares principales de la cubierta con la linterna hay un paso rodeando ésta de 90 centímetros de anchura, formado sobre cartelas *hea (fig. 1312)* y limitado por una ligera barandilla. Su objeto, como se comprende, es poder reconocer la techumbre y servir para sus reparaciones.

Para establecer el cielo raso se han dispuesto unas costillas de madera desde unos cuchillos á otros apoyadas por sus extremos en las alas inferiores de los pares, puentes y coroña, á cuyas costillas se han clavado las cañas para el forjado del cielo raso (1013).

1242. CHAPITELES Y AGUJAS METÁLICAS.— La construcción de estas obras con que rematan las torres ó campanarios de las iglesias y algunos pabellones de edificios (1142), se hace fácil con el empleo del hierro, por acomodarse éste á todas las formas y contornos que el artista puede idear para dar elegante remate á sus concepciones.

Se ha empleado la fundición en grandes piezas moldeadas, que en sus uniones se han ajustado á las reglas de la estereotomía, haciéndoles los rebordes convenientes para fijar unas piezas con otras por medio de pernos y constituir así un conjunto estable y sin empujes. Á esta clase de construcción pertenece el chapitel que corona la torre de la Seo de Zaragoza, y que ha sustituido con ventaja al antiguo de madera y plomo incendiado á mediados de este siglo.

1243. En la catedral de Colonia se ha construido un chapitel de hierro, del que representa una parte la *fig. 1316*. El cuerpo inferior piramidal se forma con columnas inclinadas de fundición, que tienen anillos *A, A* en dos puntos de su altura para arriostrarlas con las zapatas *Z* y los capiteles *C* por medio de barras de hierro forjado haciendo cruces de San Andrés. Sobre este cuerpo apoya otro prismático de hierro laminado, que también se enlaza con cruces de San Andrés. Las columnas entran por su pie en unas zapatas de fundición *xzs*, *x'z's' (fig. 1317)* y se sujetan en ellas por unas clavijas introducidas en las cajas *a, a'*. Estas zapatas están enlazadas unas con otras por tirantes de hierro redondo *tt, t't'* para destruir los empujes que ocasionan las columnas en las paredes y en éstas se aseguran además con pernos verticales *P* introducidos en su fábrica. Los capiteles *D* de las columnas son piezas análogas á las zapatas y presentan por su parte superior, una base plana para el asiento del cuerpo superior formado de postes de hierro laminado, los cuales descansan sobre una plancha *cc* en la que se aseguran por medio de escuadras *E, I*, colocadas exterior é interiormente; y para que los postes no puedan tener movimientos laterales, se fijan las exteriores *E* en los capiteles por medio de pernos y se hace á la plancha de asiento *cc* un reborde interior y exterior con hierros angulares.

1244. ARMADURAS DE HIERRO EN CÚPULAS.—Se hacen hemisféricas ó poligonales, rebajadas ó peraltadas, formándose ordinariamente de un cascarón con linterna. Se componen de cerchas que se encuentran en el vértice ó cumbre. Las correas son curvas ó rectilíneas, según que la cúpula sea esférica ó poligonal, á la que dividen en zonas regulares con el fin de evitar toda deformación oblicua. En la construcción se establece un fuerte arriostramiento que enlace todos los cuchillos y obligue á trabajar á todos á la vez ó al menos á que se transmitan mútuamente las cargas imprevistas que pudieran afectar á algunos de ellos.

Las cerchas que constituyen la armazón de una cúpula, se hacen de hierros laminados, arqueados en los de pequeña luz y de palastro ó de enrejado en las mayores. Por su pie descansan los cerchones, sea sobre una viga de planta circular ó poligonal, sea sobre un muro. En ambos casos debe tenerse presente que la dilatación del metal por consecuencia de las variaciones de temperatura, pueden ensanchar considerablemente el círculo ó polígono de la base y producir empujes que es preciso preveer al disponer una armadura de esta clase; y como muchas veces las vigas anulares se apoyan en columnas ó arcos de hierro, ha de combinarse el cerco dicho de manera que se evite toda tendencia á tumbar estos apoyos, procurando que solo sufran esfuerzos verticales.

El encuentro de los cerchones en la cumbre se verifica generalmente en una pieza especial de fundición que tiene tantas cajas como cuchillos ha de recibir, pudiendo también afectar la forma de una rueda, en cuya circunferencia encajen las cerchas. El palastro sirve muchas veces de auxiliar para esta clase de ensambles y la *fig. 1318* representa en sección horizontal el encuentro de ocho semicerchas. Dos de ellas *A* y *A* constituyen una cercha cuyos pares están unidos por planchas de ensamble *ss* y en este cuchillo ensamblan las semicerchas *B, B* por medio de escuadras *E, E*, que pueden

roblonarse en ellas en el taller. En los costados de estas semicerchas se fijan unas planchas que se doblan afectando la forma *ocad*, para que entre cada dos pueda recibirse el extremo de un semicuchillo y que sus esquinas superiores *o, d, s*, estén equidistantes de la línea central de encuentro para que resulte horizontal el círculo trazado por ellas, pues en él vienen á concurrir las cerchas, las cuales se sujetan entre cada dos planchas por medio de pernetes. Cuando la cúpula remata en una linterna, las semicerchas se ensamblan en una viga circular ó corona que sirve de base y forma parte del tambor, como se explicó para la armadura del teatro de Badajoz y se detalla en la *fig. 1313.*

Las correas que enlazan los cerchones de una cúpula, se encorvan para adaptarse á la forma esférica ó de revolución que ha de presentar la cubierta. Cuando son rectas, la cúpula tiene al exterior unos aristones como en las bóvedas del estilo ojival. En ambos casos, como la distancia entre los cuchillos se disminuye según se aproximan á la cúspide, las correas deben también ser de menor dimensión transversal en la cúspide que en los arranques.

Los cabrios deben afectar la curvatura de las líneas meridianas, encorvándolos para ello en el taller cuando las cúpulas son de reducidas dimensiones, cuya operación se excusa en las grandes porque con su mismo peso se las obliga á tomar la ligera curvatura que exige la cubierta y á adaptarse á las correas.

1245. Las cúpulas construidas sobre un dodecágono en los cruceros del palacio destinado á la Exposición de 1862 en Londres, tienen 48^m80 de luz y están formadas con doce semicerchas de palastro *(fig. 1319)* de sección tubular, con sus frentes calados, según manifiesta en detalle la *figura 1320.* Estas cerchas varían en altura ó espesor, desde los arranques á la clave, entre 1^m05 y y 0^m80; ocho de ellas descansan en columnas *db*, y las cuatro restantes en el vértice ó encuentro *c* de los arcos diagonales *ac, ec*, también de palastro, teniendo contrarrestados los primeros sus empujes por medio de arcos botaretes volteados como representa la *fig. 1321*, no en la prolongación de los radios, sino en las de las galerías, cuyo cruce cubre la cúpula. Las correas de palastro de sección doble T decrecen en altura desde 0^m530 que tienen las de los arranques hasta 0^m280 las de la cumbre, siendo caladas las inferiores y llenas las superiores. Sobre estas piezas están fijados los hierros de vidrieras á 45 $^c/_m$ de distancia unos de otros.

1246. Las cerchas de enrejado, representadas en la *fig. 1322*, descansan sobre una viga circular *V V*, cuya sección es tubular. Por la cumbre se ensamblan en un anillo de hierro *aa*, que es una viga circular de sección de T doble formada de palastro, en cuya alma vienen á ensamblarse normalmente los extremos superiores de las cerchas por medio de escuadras verticales.

Sobre la viga circular se fijan los postes ó montantes que han de formar el cuerpo cilíndrico de la linterna, los cuales pueden ser la prolongación de las escuadras dichas de sujeción. Estos postes sostienen el anillo de sustentación de la pequeña cúpula *C* que cubre la linterna, la cual se forma de hierros arqueados ensamblados en la cúspide en un tambor de fundición que sirve de pie al remate de la cúpula, sea bola, aguja, estrella ú otro adorno.

Las correas que enlazan las cerchas obedecen en su constitución al mismo sistema adoptado para éstas, y como su dibujo sería confuso en la figura lo hemos suprimido sustituyéndolo con las líneas que representan sus límites interior y exterior.

1247. No habiendo necesidad de linterna, las cerchas se fijan por su extremo superior en un tambor de palastro ó de hierro fundido *F (fig. 1323)*, verificándolo por medio de escuadras que vienen roblonadas con las cerchas formando parte de ellas y se aseguran por medio de pernos, como detalla la *fig. 1324*, que corresponde á una cúpula de 27 metros de luz. Las cúpulas en este caso llevan muchas veces sobre la cúspide una azotea *aa (figura 1323)* apoyada, si es muy extensa, en un enrejado que termina por el exterior en un hierro arqueado *ab* para hacer juego con la forma de la cúpula.

Cuando las cúpulas tienen la sección vertical en forma imperial *(fig. 853)*, hay necesidad de colocar puentes entre los puntos *o,o*, los cuales se ensamblan en el pendolón común *cn*.

En ciertos casos, las correas se refuerzan con bastidores inclinados *ab (fig. 1325)* que tienen acodillados sus bordes superior é inferior para adaptarse respectivamente á la cercha *dd* y á la correa *cc*, en las que se fijan por medio de pernetes que no se indican en la figura para que resulte más clara.

1248. Cuando las cúpulas de hierro se han de combinar con fábricas de ladrillo ó de sillería ú otros materiales pétreos, es preciso hacerlas inde-

pendientes á fin de que sus movimientos no conmuevan dicha fábrica. En la iglesia de San Agustín de París, la cúpula de hierro descansa sobre apoyos de hierro fundido formados de haces de tres columnas adosadas á la sillería de las paredes, pero independientes de ellas aunque unidos á la misma por medio de abrazaderas fijas, dentro de las que pueden resbalar en caso de un movimiento de descenso ocasionado por la desigualdad de asiento entre ambos materiales. La fábrica de sillería no tiene más objeto que servir de cerramiento y abrigo; de modo que la parte metálica podría separarse sin afectar en nada á la estabilidad de la obra. La estructura de hierro no impide en este caso que se vea la fábrica á la que se adapta sirviendo ésta de fondo. Los apoyos dichos se continúan con la curvatura de las pechinas para recibir las columnas que forman el tambor interior, entre las que se abren las ventanas, y sirven de sosten á las cerchas de la cúpula interior, así como á las exteriores que forman la cubierta. Las interiores se unen por su cúspide en un anillo circular que recibe la linterna abierta con que termina la cúpula. El forjado interior está constituido por tres capas, que son, contadas de dentro á fuera, una de enlucido para recibir la pintura, un tabique para aislar el espacio y finalmente un chapeado de tabla como garantía contra las influencias atmosféricas. La bóveda exterior es en rincón de claustro compuesta de dieciseis elementos cilíndricos, en cuyas intersecciones se encuentran las cerchas interiores, y aunque están trabadas, ambas obras son independientes en sus movimientos.

ARTÍCULO XIV

Aberturas en las cubiertas.

1249. PASO DE CHIMENEAS.—Lo mismo que en los suelos, ocurre en las cubiertas la necesidad de dejar paso á los cañones de las chimeneas, y se adoptan para ello los mismos embrochalados que en aquéllos, aunque cuidando de que las aguas de lluvia no se puedan detener en la línea superior de intersección, ó sea sobre el brochal superior. Con este objeto, como los cañones de chimenea abrazan generalmente poca extensión, basta levantar algo la parte *e* de los cabrios *ec* *(fig. 1276)* inmediatos al centro ó eje del tronco de cañones para establecer pequeñas canales á derecha é izquierda, desde *e* hacia *n* y hacia *h*, con objeto de que las aguas de las canales ó parte superior de cubierta que vienen á confluir en el tronco de chimeneas, tengan fácil salida por los lados.

1250. LUMBRERAS ORDINARIAS.—La parte superior de un edificio que no puede tener luz lateral por cualquier causa, se ilumina muchas veces sustituyendo con tejas de vidrio las de barro ú otro material, ó colocando vidrios que traslapen unos á otros con ciertas precauciones para que el agua de lluvia no se filtre por las juntas.

Las vidrieras se establecen encima de los cabrios, que cuando son de hierro pueden servir en muchos casos para sentar en ellos los cristales. Cuando son de madera, el espacio que hay entre ellos es estrecho para dejar paso á la luz, y se hace entonces un embrochalado, como en los suelos, al cual se da la forma octogonal, circular ú oval, aplicando piezas en los ángulos, ya rectas ya circulares.

El bastidor *vd* *(fig. 930)* donde se fijan los cristales, se coloca algo elevado por la parte de arriba *v* sobre el revestimiento de la cubierta, con objeto de que el agua de la parte superior de ésta no vaya á parar á la vidriera, dándole, por el contrario, salida de la manera que se acaba de indicar para el encuentro de los cañones de chimeneas.

Para la colocación de los cristales en un bastidor de madera *(fig. 1326)*, se hace un rebajo en los costados inclinados de éste *ab*, *a'b'*, y en los listones, también inclinados *L*, *L'* que dividen el espacio comprendido por el bastidor, en cuyos rebajos apoyan los cristales por sus bordes. El cabezal inferior *bb*, *b'* no lleva rebajo porque en él se detendría el agua. En vez de estos listones se emplean hierros de T llamados de vidrieras, cuyo extremo inferior se hace terminar en unos topes, como el indicado en *E* *(fig. 916)*, lo cual se consigue cortando el alma ó nervio en el extremo *acd* y doblando la cabeza para que tome la posición *ac*, de modo que los cristales no puedan resbalar. Estos hierros se sujetan por medio de tornillos en el cabezal superior é inferior, ó sea en las piezas horizontales que limitan el bastidor de la vidriera.

Éste se hace también colocando los hierros de vidrieras sobre otros angulares ó de T dispuestos á modo de correas, los cuales si no tienen la altura necesaria para salvar el grueso del revestimiento de la cubierta, se apoyan en soportes de hierro fundido ó forjado á fin de que los cristales escurran

encima el agua de la lluvia. La separación de los hierros de vidriera es de 25 á 30 centímetros cuando se emplean los de T que tienen 25 × 30 milímetros y de 40 centímetros si los hierros son de 40 × 35 milímetros.

Los vidrios que se emplean en las lumbreras son de doble espesor (5 milímetros) y se colocan apoyando por sus lados en los rebajos ó cejas y traslapando los superiores á los inferiores en una extensión de $^1/_4$ á $^1/_5$. Se fijan con clavillos ó alfileres clavados en la madera ó atravesados en el nervio del hierro y se cubre la junta con masilla (246) todo lo largo de los costados *ab* y del cabezal *aa*. Los cristales se terminan inferiormente en punta *a* *(fig. 1327)*, ó se ochavan sus esquinas *e*, *e* para facilitar el escurrimiento del agua, y si no hay inconveniente, se deja un pequeño espacio entre el superior y el inferior en la parte traslapada, pues de este modo el agua no retrocede y sale la procedente de la condensación interior. Á fin de que el viento no levante los cristales cuando son de grandes dimensiones, se los mantiene unos contra otros por medio de dobles corchetes ó garabatillos *G*, *G'* de cinc ó de cobre. Encima de la junta lateral de los vidrios, se debe clavar un listón ó una tira de cinc ó plomo que la cubra ó ahuyente el temor de que pueda filtrarse por allí el agua. En el Palacio de la Exposición de París de 1867, los cristales que estaban ligeramente encorvados y tenían unos rebordes *(fig. 1328)*, se sujetaron con corchetes de la forma representada en la *fig. 1329*, enmasillándose en su unión con el cristal inferior y debajo del superior.

1251. El gran inconveniente que presentan las vidrieras de cubierta que dan luz á lugares habitados ó donde se producen vapores acuosos, es la condensación inevitable de éstos por la parte interior, debida á su enfriamiento al ponerse en contacto con el cristal cuando la atmósfera exterior es fría. Esta condensación se traduce en gotas que, deslizándose por los cristales, ocasionan deterioros en los objetos ó materiales á donde alcanza.

El vapor húmedo se introduce, además, por el traslapo de los cristales y la lluvia sube por capilaridad; todo lo cual, unido con el polvo, produce un aspecto sucio que quita transparencia á la vidriera. Hay que combatir, por lo tanto, estos efectos, primeramente sobre el vidrio y después sobre los hierros ó maderas en que se apoya, recogiendo el agua de condensación y dándole una salida conveniente.

La evacuación del agua condensada se procura por medio de un cordón de metal ú otra materia interpuesto entre los dos cristales en el traslapo y cuya forma es muy varia. El ideado por Colin y empleado entre las vidrieras de cubierta para la Exposición de París de 1878, es curvo, de plomo, con una ligera depresión *(fig. 1330)* que permite el escurrimiento del agua recogida en el centro de la curva. Se guarnece también el traslapo con una tira de cinc *(fig. 1331)* que se adapta á los cantos de los dos cristales, haciendo las dobleces como indica la sección (A), cuyas planchuelas dan salida á la humedad por agujeros practicados en ellas, según indica la dirección de la flecha *a*. Las dobleces del metal se hacen también como se representa en la *fig. 1332*, y se refuerzan con garabatillos (B) dispuestos en las extremidades del cristal inferior. En los dos casos, puede enmasillarse todo lo largo de los dos cristales cerrando el paso al aire excepto en el agujero de escurrimiento. Las gotas de la condensación se acumulan en la parte más baja de la curva donde está el agujero y salen por él al exterior.

La condensación sobre los hierros es más difícil de corregir. Se ha ensayado dar una mano de pintura y expolvorear luego con pelusa de paño que recoge la humedad y se han procurado dar formas á los hierros que recojan el agua y hasta se ha dispuesto una canalita ó goterón *G*, *G' (fig. 1333)* debajo de cada hierro, la cual se separa lo suficiente para que se encuentre á una temperatura sensiblemente igual á la del sitio cubierto, en cuyo caso la condensación se producirá sobre el hierro directamente expuesto al frío y formándose las gotas caerán en el goterón y podrán conducirse al exterior.

1252. Las vidrieras se protegen con un alambrado que toma el nombre de *sobrevidriera* y se monta sobre cuatro ó más patas de hierro para que esté algo separado de los vidrios, evitando así que los rompan las piedras ú otros objetos que caigan encima. Las patas pueden tener la forma de horquilla en su parte superior *(fig. 1334)* para que entre en ella y quede sujeto el bastidor *acc* del alambrado.

El calor excesivo que producen las vidrieras establecidas como revestimiento de cubiertas, es un gran inconveniente en paises cálidos, y hay que prevenirse contra él disponiendo ventiladores ó aberturas que den salida al aire calentado por el

sol y que por su menor densidad acude á la parte superior de los vidrios. Se indica también cuando hay que defender el interior del edificio tanto del calor como del frío, la colocación de dobles vidrieras separadas de modo que quede entre ellas un espacio de aire que impida la comunicación del interior con el exterior, empleando para ello hierros especiales de T de cuatro alas. El mejor medio, sin embargo, es el establecimiento de un toldo por encima de la vidriera, del mismo modo que los alambrados, ó sobre ellos para que tamicen la luz y exista además una capa intermedia de aire entre la cortina y los vidrios.

1253. Como muchas veces conviene abrir las vidrieras para renovar el aire interior del edificio, se consigue esto encerrando las vidrieras en un cerco y haciendo que puedan girar alrededor de un eje horizontal *e (fig. 1335)* situado á mayor distancia del cabrio inferior *b* que del superior *a*, con objeto de que el mayor peso de la parte *eb* lo mantenga cerrado cuando se abandona á sí mismo. Se comprende que para abrirlo basta tirar de una cuerda atada en el gancho *a*. Las tiras de cinc ó plomo que cubren las juntas para evitar que por ellas se filtre el agua, deben clavarse en el cerco en la parte superior *ea* y en el bastidor ó marco de la vidriera en la inferior *eb*, á fin de que las de este lado no sean un obstáculo para el movimiento de la vidriera cuando se abre. Los clavos que fijan estas tiras se defienden de la lluvia con ellas mismas, doblándolas sobre las cabezas de aquéllos del modo que se indica en *d*.

1254. Las cubiertas de patios, galerías y sitios análogos, se revisten completamente de cristales y entonces toman el nombre de *monteras*. Su construcción es igual á las destinadas á recibir teja ú otro revestimiento idéntico, sin más diferencia que su ligereza, y de ello es ejemplo la *fig. 1299*.

1255. ALUMBRADO LATERAL DE CUBIERTAS Á DIENTE DE SIERRA.—En grandes espacios cubiertos, donde la luz que puede tomarse por las paredes resultaría insuficiente y las lumbreras de mucha extensión darían una luz demasiado fuerte en ciertos puntos, se adoptan, como ya se ha dicho (1024), las cubiertas á diente de sierra ó de alumbrado lateral en las que la vertiente áspera se cubre de cristales. Para esto se fijan ó ensamblan en los pares ó cabrios *(figs. 978* y *979)* unos travesaños horizontales *a, a*, que á modo de correas limitan por arriba y por abajo el cerco de la vidriera. Los cristales se colocan solapados de abajo arriba entre hierros de T ó de vidriera, los cuales se fijan con tornillos en dichos travesaños. Para evitar que el agua penetre por entre ellos y la vidriera, se cubre la junta superior con una faja ó tira de cinc ó de plomo *Hc* que á su vez se cubre en su canto superior por las tejas del caballete y despide el agua de su canto inferior sobre la vidriera. El agua de ésta *ce* escurre en una plancha de cinc ó plomo *ae* introducida entre el travesaño inferior y los hierros de vidriera y sujeta por los mismos tornillos con que se fijan estos últimos. Los travesaños de madera se sustituyen en algunos casos con hierros angulares, como se ve en la *fig. 984* y por el contrario en las armaduras de hierro se emplean listones de madera para fijar en ellos los hierros de vidrieras como puede observarse en *D (fig. 1252)* en la que no hace falta la plancha para escurrir las aguas de la vidriera *V* en la canal *C* porque el borde inferior de aquélla baja más que el listón y el agua no puede retroceder. Por su cabeza se clavan los hierros de vidriera en una contrahilera *hrb*, y para colocar la cubrejunta se fija en *rb* un listón que enrasa con la vidriera y recibe la hoja de cinc ó de plomo, cuyo grueso es de unos 2 m/m.

En las armaduras metálicas las vidrieras se limitan por arriba y por abajo en travesaños de hierro angular *eca, sd (fig. 1246)*, sirviendo el inferior además para fijar la cubrejunta *sdb*. Otras veces se fija en el hierro angular *(fig. 1336)* una placa ó plancha *as* que sirve de tope á la vidriera *V* y recibe el agua que pueda introducirse por cualquier causa y la producida por la respiración en la cara interior de los cristales cuando la atmósfera exterior es muy fría, cuya agua cae en la cubrejunta *sab* por agujeros practicados de trecho en trecho en la citada placa *sa*. Esta se sustituye otras veces por un hierro de T sencilla *(fig. 1150)* que como se ve en *A* debe tener también sus agujeros para el paso del agua.

1256. El traslapo de los cristales en las sheds, no necesita ser como el de las lumbreras por la gran pendiente de aquéllas, reduciéndose hasta 2 c/m como sucede en Londres, donde da buenos resultados el sistema llamado Rendle. Consiste en sujetar con fuertes tornillos en la cara exterior de los pares *(fig. 1337)*, unos hierros angulares ó cantoneras de brazos desiguales *C, C'*, entre los cuales se colocan listones de madera para fijar en ellos unos pequeños ganchos de hierro galvanizado que reci-

ben los cristales por sus bordes. El gancho del listón inferior *C* es sencillo, pues solo ha de retener el cristal más bajo *V*, pero no los intermedios *C'* que tienen la figura de S para sujetar con el gancho superior el cristal de debajo *V* y retener en el inferior el canto del cristal de encima *V'*. El último cristal de arriba se retiene por su borde superior con una planchuela clavada en el listón más alto.

En vez de enmasillar los costados de los vidrios en los hierros de T, se acostumbra en algunas partes sujetarlos con tornillos, para cuyo objeto se hacen á los cristales los correspondientes taladros á 30 $^c/_m$ unos de otros.

1257. En ciertos puntos, parte de las vidrieras se abren para establecer la ventilación, verificándose el movimiento alrededor de un eje horizontal, como se ha explicado para las lumbreras y se dibuja en la *fig. 1116.*

Otro medio se indica en la *fig. 1336*. La vidriera gira por su cabio alto y se mantiene más ó menos abierta por medio de una barra con agujeros *dc*, que se asegura en la posición que se desea *d'c'*, haciendo que un pitón situado en el punto *n* entre en los agujeros practicados en la barra. Se abre también una vidriera *(fig. 1253)* subiendo la manezuela *M* de la varilla *bd* hasta *M'*, por ejemplo, con lo que la cadenilla *dz*, que retiene por su extremo el cabio alto *c* de la vidriera *ec*, cede al peso de ésta la cual toma la posición *ec'*. Estos dos medios son, sin embargo, poco manuables porque el primero exige una escalera para alcanzar á manejarlo y el segundo no puede usarse sin salir al exterior del edificio.

1258. RESPIRADEROS Ó GATERAS.— Con objeto de que haya luz si hay necesidad de registrar el estado de las armaduras y para establecer una ventilación que evite el calor en los desvanes y conserve en buen estado la madera cuando se emplea en las armaduras, se dejan algunos vanos ó huecos al hacerse el revestimiento de la cubierta, debiendo disponerse de modo que á ser posible no se encuentren unos enfrente de otros para que el viento recorra el interior. Generalmente se hacen dos filas ó más á diferentes alturas.

Los respiraderos más sencillos en cubiertas revestidas de tejas ordinarias formando canales, consisten en levantar una teja que sea *cobija*, es decir, que cubra, y aun suprimirla, pues la lluvia que puede penetrar por tan pequeño hueco causa poco daño en atención á que se reparte entre las paredes del vano y llega en poca cantidad al piso del desván donde es absorbida ó se seca antes de penetrar el solado, á no ser que las lluvias sean muy continuas ó la localidad esté sujeta á fuertes temporales. Esto puede hacerse sin riesgo alguno de producir goteras en edificios donde el piso del desván es impermeable, pero de ningún modo cuando es un techo sencillo de las habitaciones inferiores, porque la humedad habría de producir manchas ú otro perjuicio más importante. La gotera se produciría en todos casos irremisiblemente si se levantara una teja de las que forman canal y sería tanto más abundante en agua cuanto fuera más baja su situación en la cubierta, puesto que acuden las aguas de la parte superior. Cuando se emplean en el revestimiento de la cubierta las tejas planas, se hacen los respiraderos ó gateras empleando tejas á propósito de que dan una idea las *figs. 1338* y *1339;* la primera de las cuales presenta una salida como si fuera de una chimenea y sustituye al caso de suprimir la cobija, y la segunda tiene su abertura defendida por un capirote.

La ventilación de las cubiertas se establece también por medio de troneras ó vanos de distintas formas abiertos en las paredes, especialmente en los piñones ó hastiales, contribuyendo muchas veces á la ornamentación, y disimulándose, cuando se quiere que no aparezcan, con baldosas caladas figurando rosetones.

1259. BUHARDAS Ó BUHARDILLAS.— Se disponen estas ventanas (1031) cuando además de luz y ventilación se necesita salir al exterior del edificio para sus reparos ó conservación y en muchos casos para la facilidad de asomarse por ser divideros los desvanes donde se establecen.

Son las buhardas un inconveniente para el escurrimiento de las aguas, pues se interponen precisamente donde éstas acuden en más cantidad, que es en la parte baja de la cubierta y debe por lo tanto cuidarse de simplificar y dar fácil salida á las aguas de sus tejadillos así como á las de la cubierta, evitando las formas complicadas difíciles de cubrir que son los sitios mas peligrosos donde la humedad encuentra medio más facil de introducirse.

Algunas veces se disponen en el espacio comprendido entre los cabrios; pero generalmente abrazan más de una entrecalle, exigiendo el embrochalado. La más sencilla buharda llamada *recogida* se forma con dos pies derechos *P*, *P*, *P'* *(fig. 1340)*,

ensamblados á caja y espiga sobre los cabrios ó sobre los pares y que sostienen un cabezal ó travesaño T, T' en el cual descansan unos pequeños cabrios C, C, C, C', cuya inclinación es opuesta á la del tejado formando una canal en la línea d de encuentro con él. En la parte inferior de los pies derechos se establece un travesaño A, A', que sirve de antepecho y que con los pies derechos y travesaño superior forma el marco de una ventana. Esta buharda se establece en tejados de poca importancia: cuando la cubierta del edificio tiene mucha inclinación, el tejadillo suele tener su pendiente en el mismo sentido que aquélla, pero menos fuerte para que pueda establecerse la ventana.

1260. Generalmente las buhardas tienen una construcción más complicada y de mejor apariencia, levantándose las ventanas sobre las paredes de la fachada *(fig. 1341)*. Los pies derechos P y el cerco de la ventana V sostienen las correas L que por su otro extremo ensamblan á media madera en los cabrios C de la cubierta, formando lo que se llama cuchillos de buharda. En el brochal B ensambla un extremo de la hilera H, la cual se apoya por el otro en dos parecillos ó pequeños cabrios estribados en las correas, cerrándose el frente de la buharda con un faldoncillo cd, $d'c'd'$ en cuyo caso se denomina *á la capuchina*, ó con un frontón aca *(fig. 1342)*, llamándose entonces *de caballete*, en cuyo caso avanza la hilera H á apoyarse en dicho frontón sobre la ventana. El tejadillo tiene en ambos casos las dos vertientes laterales sobre pequeños cabrios, formando dos limas hoyas en su encuentro con la vertiente general de la cubierta. El ensamble de la hilera H con el brochal B, se refuerza con hierros acodillados aa, $a'a'$ *(fig. 1343)*, que por ambos lados la sujetan y van á fijarse doblándose á escuadra en el brochal. La ensambladura á media madera de las carreras L, L' con los cabrios C, C', se asegura con un perno pn; y del mismo modo se puede hacer el ensamble del pie de los postes ó de las piezas del cerco de la ventana. El frontón se hace á veces volado como se indica en la *fig. 1344*, y otras se simplifica más haciéndolo de tablones y tabla recortada cuando se reduce á una ventana gatera como la representada en la *fig. 1345*, que es muy usada en cubiertas de gran pendiente, adoptándose también para esta clase de buhardillas la forma encañonada ó de bóveda en cuyo caso presenta el frente circular de la *fig. 1346* que se llama ojo de buey.

Las cubiertas quebradas ó mansardas se prestan más que ninguna otra á la construcción de buhardas de espacio regular ó cuadrangular si se hacen entrantes, es decir, si la ventana se coloca debajo de la arista de quebranto que separa las dos vertientes, como se indica en la *fig. 1347*. En este caso los pies derechos P descansan sobre un tablón tendido encima de los maderos del suelo inferior mm y el dintel D de la ventana se hace de dos piezas unidas por pernos, enlazándose con la carrera de quebranto C por medio de bandas de hierro xx fijadas con clavos en ambas piezas. La distancia entre la ventana y la fachada ó pie S de la cubierta se cierra con una plataforma ó terradillo apoyado en pequeños cabrios ad, clavados en los travesaños d y a.

Tratándose de buhardas cuyas ventanas encajan en un telar de sillería ú otra fábrica, levantado sobre la fachada como aparece en la *fig. 1348*, se conserva muchas veces el poste P ensamblándolo á media madera en el cabrio C, y las carreras, así como la hilera, se empotran en dicho telar empleándose los medios indicados en las *figs. 1294* y *1295* cuando es de sillería y la armadura de cubierta es de hierro.

Las buhardas presentan formas muy variadas siendo á veces un adorno que remata de una manera vistosa el frente del edificio, adoptando la disposición de ventanas que pueden resguardarse por aleros arqueados con molduras ó romanatos *(figuras 1349* y *1350)*. Especialmente en los paises frios donde la pendiente de la cubierta tiene que ser fuerte para el fácil escurrimiento de las nieves, el espacio comprendido en la armadura se utiliza para viviendas ó talleres, y las buhardas constituyen un adorno arquitectural importante de que es un ejemplo la *fig. 1351*.

Si la canal de la cubierta corre á lo largo de la cornisa, se procura que el borde exterior b *(figura 1348)* se halle más bajo que el a del antepecho para que si el agua llena la canal pueda vaciarse por la cornisa antes de rebosar por el antepecho y penetrar en el edificio.

1261. En edificios rurales se acostumbra acompañar las buhardas de un balcón ó plataforma de madera A, A *(fig. 1352)* volada sobre la fachada por medio de jabalcones ó palomillas P, P'. El tejadillo viene entonces á cubrir la plataforma y se apoya en otros jabalcones J avanzando algo más la hilera h, $h'h'$, con objeto de sostener la polea g, g' que sirve para subir muchos productos al desván.

1262. En armaduras de hierro este material permite más ensambles que en la madera sin debilitarlos como en ésta sucede, y cuando hay que construir una buharda que abarque el espacio entre dos cuchillos *ad*, *a'd'* *(fig. 1353)*, el brochal *bb*, que puede ser una correa, sirve para apoyar en él la hilera ó caballete *hh'* de la buharda que por el otro extremo va á empotrarse en el telar de la ventana *aa'* si es de fábrica, ó á ensamblarse en la armazón de la misma, si es de hierro. Las carreras que por ambos lados de la buharda reciben los cabrios de ésta y forman sus aleros, se empotran igualmente en el telar dicho y se ensamblan por el otro extremo *o* en los pares empleando para ello planchas verticales de ensamble. Este punto *o* se une con el brochal por pares de lima hoya *h'o* ensamblados en ambas piezas por medio de escuadras en cuyos pares apoyan los cabrios que vienen del caballete general *cc*, así como los del tejadillo de la buharda, señalados unos y otros con líneas de trazos.

1263. LINTERNAS.—La armadura de estas obras, como se ha observado al tratar de los cuchillos que la tienen, es semejante á la de éstos, variando únicamente en la manera de asegurarse en ellos los montantes ó apoyos que mantienen su cubierta á determinada altura y los cuales forman una especie de entramados verticales que afectan la misma planta que las cubiertas principales como los cimborrios de la cúpula. Las cubiertas que tienen la estructura indicada en las *figs. 905* y *906*, presentan como linterna su parte superior y pueden dar paso á la luz y al aire á través de las vigas horizontales en que apoya dicha cubierta, que es de cristal en el caso de la última figura.

Como el objeto de las linternas es dar luz ó ventilación, esto se consigue por medio de ventanas laterales cerradas unas veces con cristales y otras con persianas, aunque en algunos casos son completamente abiertas. En este caso se procura dar gran saliente á la cubierta para que no penetren las lluvias en el interior, aunque sean empujadas por fuertes vientos. La luz que entra por los costados no es bastante en ciertos casos y entonces la cubierta es de cristales como una montera.

1264. En armaduras de madera, los montantes de la linterna descansan unas veces sobre las correas *(fig. 1016)* en las que ensamblan á media madera asegurándose con un perno, y otras veces apoyan en los pares por medio de escopleaduras ó cortes de espera practicados en éstos *(fig. 1037)*, fijándose además el ensamble con una espiga que entra en una caja abierta en dichos pares. Estos medios no proporcionan, sin embargo, la seguridad necesaria para que la acción de los vientos no levante ó desarregle estas pequeñas cubiertas; y por lo tanto, cuando no se puede apoyar la armadura de la linterna en los pendolones de los cuchillos principales que al efecto se prolongan como en la *figura 1016*, es necesario disponer riostras desde la cabeza de los montantes laterales ó inferiores hasta los pares del cuchillo, para formar triángulos indeformables que hagan estable su posición. Fijados de este modo los montantes, pueden disponerse sosobre ellos unas carreras que enlacen unos con otros los de cada lado, para armar sobre ellas los pequeños cuchillos de la linterna. Los montantes intermedios no necesitan el arriostrado, bastando para su estabilidad la que les prestan los anteriores ó el pendolón si se prolonga el de la cubierta principal, el cual da fijeza á los cuchillos si en él apoyan los jabalcones que, como el *nn* de la *figura 1016*, se colocan para sostener la hilera entre cuchillo y cuchillo.

1265. En armaduras de hierro, los pequeños cuchillos de linterna se forman de un modo análogo á los principales, como se ha observado en la descripción de éstos, con la ventaja de que cuando las linternas son de poca luz ó anchura, los pares ó cabrios de ambas vertientes se hacen de un solo hierro que se dobla por su medio para formarlas como se dijo para el caso de la *fig. 1161*, evitándose no solo el ensamble de la cúspide, sino disminuyendo y anulando el empuje de los parecillos en los montantes ó puntos de apoyo.

Como se ha podido observar, estos montantes son unas veces de hierro cuadrado ó plano, otras de sección angular ó de T y muchas veces de hierro fundido. En todos estos casos, la naturaleza del material se presta á que sus ensambles en las correas ó en los pares, queden sólidamente fijados y puedan recibir los parecillos de la linterna.

Los montantes de sección angular ó de T pueden fijarse en la cabeza de los pares *(fig. 1354)*, por medio de escuadras *ec*, *e's'c'* colocadas en uno y otro lado ó sea en las dos alas del par, cuyas escuadras se adaptan en su construcción á la pendiente *s'c'* del par. En los cuchillos de palastro ó de celosía que tienen cantoneras ó hierros angulares en sus cabezas, se pueden fijar también del mismo modo los montantes. Cuando éstos han de descan-

sar sobre las correas *(fig. 1355)*, se fijan también sobre la cabeza de las mismas *cr* empleando escuadras ordinarias *cs* en caso de que las correas tengan vertical su alma: si éstas son normales á la vertiente pueden disponerse como se indica en la *fig. 1356*, y las escuadras de ensamble *esc* se acomodan á la situación respectiva de las piezas que han de unir. Los montantes en todos los casos traen roblonadas las escuadras y éstas se fijan con pernetes en los pares ó en las correas.

Los montantes pueden tener una basa *aa (figura 1357)* y sujetarlos con pernetes especiales, cuyas cabezas *c, c*, tengan unos codillos que se adapten á las alas de la correa.

Los montantes se disponen, no solo verticalmente, sino también en sentido normal á la pendiente de la cubierta. La *fig. 1358* representa uno de éstos por sus dos caras; es de sección cruciforme y tiene en su extremo inferior una base cuadrada *aa, a′a′* para fijarlo en la cabeza de los pares por medio de cuatro pernetes, terminando por su parte superior en una cabeza prismática con una canal donde alojar la correa, que en el caso de la figura es de hierro T, la cual se sujeta además con un pernete *pn, n′*. Se comprende que el montante de la cumbre debe tener su base angular con la inclinación de las dos vertientes y algo más extensa que las otras *(fig. 1359)* para que descanse sobre los dos pares contiguos y pueda asegurarse en ellos con pernetes.

Estos apoyos adoptan unas veces formas molduradas más ó menos ricas, según lo exige la importancia de la obra y aparece en la *fig. 1360* y otras veces tienen formas especiales *(fig. 1361)* reducidas á simples soportes de poca altura *S*, la precisa para establecer una corriente de aire por debajo de las tejas ó cristales que van en los hierros *aa*.

1266. En casos especiales, la linterna se hace *movible*, dejando al descubierto toda la parte que comprende, en locales donde hay necesidad de una ventilación intermitente, como salas de reunión, mercados, almacenes ó talleres que produzcan emanaciones á que es preciso dar salida. La linterna puede moverse en sentido vertical ú horizontal. En el primer caso esta techumbre ha de estar *bien equilibrada* por un sistema cualquiera de contrapesos y tener un soporte que facilite el movimiento, el cual puede verificarse por un medio hidráulico. En el segundo caso, hay que construir en primer lugar una techumbre sin ningún empuje lateral, pues que debe descansar y marchar sobre ruedas verticales que perderían su aplomo sin esta precaución, y en segundo lugar hay que establecer una vía férrea sobre apoyos sólidos y bien enlazados para sostener á una altura variable todo el peso de la linterna. En ambos casos, ésta debe ser lo más ligera posible y ha de poderse mover con rapidez y facilidad. El movimiento vertical solo se aplica donde el terreno, escaso y caro, obliga á desarrollarse en altura más bien que en superficie.

La linterna movible en sentido horizontal, se apoya sobre ruedas mediante las cuales corre de un lado para otro y se divide casi siempre en dos partes. Éstas constituyen cada una una vertiente *A, B (fig. 1362)*, las cuales al separarse á derecha é izquierda en *A′* y *B′* descubren el centro; ó son dos trozos de cubierta con sus dos vertientes cada una, en cuyo caso el movimiento de traslación es perpendicular al anterior. En ambos casos, debe tenerse mucho esmero en la construcción de la cumbre, para que cuando esté cerrada no dé paso á la lluvia.

Estas linternas son en rigor unas monteras, pero movibles, pues por su situación sirven al mismo tiempo que para ventilar el local, para dar paso á la luz; y esta circunstancia facilita su manejo por la ligereza que le presta el revestimiento de cristales.

Las linternas pueden también disponerse giratorias alrededor de un eje vertical. En este caso, la abertura es solo igual á la mitad de la superficie que abraza la linterna, no produce empujes, se equilibra por sí misma y puede moverse con facilidad. Se apoya sobre una corona, en la que se establece un círculo de hierro plano sobre el que resbala la parte móvil.

ARTÍCULO XV

Del revestimiento de cubiertas con materiales pétreos ó térreos.

1267. DIVERSAS CLASES DE REVESTIMIENTO. — Los arcos ó bóvedas al descubierto se defienden revistiéndolos de fábrica más ó menos sólida, como los solados, sin solución de continuidad, porque no deben tener movimiento; mas no sucede así al revestir cubiertas hechas con arma-

dura metálica ó de madera, las cuales necesitan revestirse con materiales cuya unión deje algún juego para que los movimientos de dichas armazones, debidos á distintas causas, no produzcan desuniones que dejen paso á las aguas pluviales.

Se emplean para esto las planchas metálicas, las tejas (cuya forma es muy varia, pues se fabrican de barro, de cristal ó de metal), las pizarras, las tablas, las telas y el cartón impermeables, y también la paja, el bálago y otras plantas parecidas. Todos estos materiales han de recubrirse en parte unos á otros, como se ha visto en el vidrio (1250), y dejar libre su movimiento, como se acaba de decir.

En todos casos, el borde inferior de la cubierta ha de sobresalir del paramento de la pared ó de las columnas en que estriba para que las aguas pluviales viertan fuera, sea directamente en el suelo, sea en la canal que las conduce.

Cuando los cabrios son de madera redonda, tienen por lo regular desigualdades que se rebajan con la azuela si son salientes, ó se enrasan con desperdicios de tabla si presentan hoyos, para que resulte una superficie plana.

El revestimiento ha de ser sólido á la par que ligero, completamente impermeable para que el agua no lo pase y en muchos casos impenetrable al viento, al calor y al frío.

1268. CUBIERTAS DE LAS BÓVEDAS Y ARCOS DE FÁBRICA.—Cuando es una bóveda la que cubre un edificio, hay que defender su trasdós para hacerla impermeable, por medio de una chapa ó contrarrosca (848). Se da para ello al trasdós la forma indicada en la *fig. 511*, ó la de dos vertientes cuando es un cañón seguido y la de una pirámide ó cono en caso de cubrir un espacio cuadrangular ó circular. Las cúpulas se preparan con otra exterior ó domo, según se ha indicado en su lugar (795).

No habiendo trascargo para dar vertiente á las aguas, se establece directamente la capa de revestimiento sobre la bóveda, como se dijo al tratar de éstas (848), cuidando durante algunos días de humedecer la superficie y apretarla con una piedra tersa para cerrar las grietas, que se abren al secarse, hasta conseguir el completo endurecimiento de la capa. Si la mezcla es hidráulica, se puede hacer ésta sobre la misma bóveda para no perder tiempo, y en este caso no se aprieta más que recientemente extendida, porque después de hecho el fraguado se conmueve y anula la trabazón, abriéndose grietas que dan paso al agua. La bóveda puede también ser cubierta con el revestimiento impermeable de cal, arena y ceniza de que se habló en el párrafo 765.

El revestimiento se hace también por medio de un enladrillado ó embaldosado que se sienta sobre una capa de mezcla, y cuyas juntas se toman con mortero hidráulico.

Cuando hay necesidad de trascargar las bóvedas para darles vertiente, se debe emplear buena fábrica en el relleno á fin de que no haya asientos desiguales que agrietearían el revestimiento y de que presente una masa compacta á las filtraciones que pudieran ocurrir.

El trascargo se reduce en ciertas ocasiones á unos tabiques dispuestos, como los cabrios ó pares, en sentido de la máxima pendiente *(figs. 968* y *969)* y sobre los que apoyen una capa ó dos de ladrillos, que se reciben con buen mortero para que no dejen paso al agua y ésta corra con facilidad sobre esta superficie. Es conveniente en este caso que el trasdós de la bóveda esté dispuesto de modo que pueda escurrir las filtraciones y que éstas salgan con facilidad por el plano *nr (fig. 968)*.

Cuando se forma la cubierta con arcos *(figura 970)*, se cubre el espacio de unos á otros con losas *os* que deben montar unas sobre otras con un rebajo *r* para que las aguas no puedan pasar al interior. Estas juntas deben tomarse con buen mortero y las que caen sobre los arcos con mastic, pudiendo éstas sustituirse por un alomado hecho con el mismo mortero ó con semicilindros de piedra *cc, c'* que encajen los unos en los otros.

Todos estos medios son ineficaces para preservar de la humedad los techos; y cuando se la quiere evitar completamente haciéndolos impermeables, no hay más remedio que cubrir las obras con teja, pizarra ó lámina metálica.

1269. PREPARACIÓN DE LOS ENTRAMADOS DE CUBIERTA PARA RECIBIR EL REVESTIDO.—Al principio del artículo II de este capítulo se indicaron los materiales que se emplean para disponer una superficie ó cama que reciba la capa impermeable, la cual se forma de tejas, pizarras ó planchas metálicas, y en construcciones de poca importancia, provisionales ó rústicas, de tabla, cartón piedra, lona y hasta de bálago, paja ú otros materiales semejantes.

Las tablas que han de formar la cama son de 1 á 3 centímetros de grueso y se colocan por filas ho-

rizontales, traslapándose unas veces como se ve en *C (fig. 437)*, yuxtaponiéndolas otras como en *A* y algunas veces dejando entre ellas un intervalo. En todos casos se clavan en cada cabrio con uno ó dos clavos no muy gordos hacia la cabeza para que no rajen la madera.

También se colocan las tablas en sentido de la pendiente cuando se suprimen los cabrios, pero en este caso el grueso que se les da es mayor y se clavan en las correas. En vez de tablas se emplean cañas en algunos puntos, colocándolas horizontalmente y atándolas á una más gruesa y derecha dispuesta por debajo en sentido de la pendiente en la entrecalle que dejan los cabrios. Los cañizos (493) suplen también á la tablazón clavándolos en los cabrios como ésta. De todos modos, sobre la caña ha de extenderse una tortada de barro, de yeso ó de mezcla de cal y arena para darle consistencia, dejándola por la parte inferior al descubierto ó recubriéndolas con una capa de mortero, en cuyo caso llega con el tiempo á formarse una plancha de este material, que unida con la tortada de la parte superior, presenta la suficiente resistencia para no caerse aunque se pudra la caña.

Como en los pisos, se emplea en las cubiertas el ladrillo (que ha de ser delgado) para cerrar ó llenar el espacio entre los cabrios (901), adoptándose por lo general el alfajiado sencillo en atención á que el paso de personas queda reducido en las cubiertas al caso en que hay que repararlas.

1270. Cuando los cuchillos de armadura son de hierro, la sujeción de la tabla exige que los cabrios ó las correas donde insiste sean de madera para que puedan fijarse en ella los clavos. Los cabrios ó las correas son unas veces completamente de madera y otras se reducen á simples listones reforzados con hierros angulares *(fig. 942)* ó sujetos en los costados ó sobre hierros de doble T *(figs. 940, 941, 943* y *944)*.

Pueden igualmente colocarse de unos á otros cabrios, baldosas ó ladrillos que son huecos por lo regular *(fig. 1363)* y se colocan, como aparece en *B (figs. 1206* y *1361)*, adoptándose en este caso para los cabrios la sección cruciforme indicada en estas figuras y especialmente la de la *figura 1361*: se colocan entonces los cabrios á unos 40 centímetros de distancia, que es el largo que se da comunmente á esta clase de ladrillos. Los que han de formar el alero son angulares *(fig. 1364)*, colocándolos con el reborde *R* hacia arriba con objeto de que levanten las tejas cuando éstas son planas y que el agua de lluvia pueda verter fácilmente en la canal.

El entramado se hace de gran solidez rellenando con yeso y cascote el espacio comprendido por las correas, para lo cual se colocan éstas á menos de un metro de distancia unas de otras. También se hace el relleno entre los cabrios, y en ambos casos su ejecución se sujeta á lo dispuesto respecto del forjado de suelos (929).

1271. REVESTIDO DE TEJAS CURVAS. —Las tejas árabes, curvas ó lomudas, son las que más comunmente se usan en España, á pesar de su mucho peso, que es de unos 60 kilogramos por metro cuadrado. Pero por esta circunstancia no las levanta fácilmente el viento, y tienen la ventaja de que por ser malas conductoras del calórico no permiten su paso en el verano ni que el frío las penetre en el invierno.

Esta clase de revestimiento se sienta sobre una superficie unida de tabla ú otro material y se forma, como se sabe, de filas de tejas en sentido de la máxima pendiente del tejado, haciendo canales *ac (fig. 1365)*, cuya separación se cubre con otras *bd* colocadas en sentido inverso para formar un alomado, y que se llaman *cobijas* y en algunos puntos *sobres*. Se empieza este trabajo colocando en el alero *a* la llamada *bocateja*, que se asienta con mezcla con su boca estrecha hacia abajo sobre media teja ó un tercio de teja á fin de que presente resistencia al resbalamiento de las superiores. Luego se pone la teja de canal que le corresponde en la cumbre *c* para tender de una á otra un cordel que sirva de guía en la colocación de las intermedias, las cuales traslapan unas á otras de un cuarto á un quinto de su longitud.

En vez de emplear el cordel para guiar la colocación de las canales, se pueden marcar en el entablado líneas paralelas de arriba abajo, usando un cordel que se impregna de almazarrón en polvo y que puesto tirante, una vez sujetos sus extremos, se levanta por el medio y se suelta de pronto.

La separación de las canales, que se deja de unos 5 centímetros, se cubre con las cobijas, las cuales traslapan un poco por su boca ancha á la parte estrecha de las inferiores.

El principal cuidado en esta obra debe ser en las canales, pues por las roturas ó defectos de ellas ó por retroceso del agua en sus traslapos, es por donde resultan las goteras que son el azote de las cu-

biertas. En las que se construyen con esmero, se procura además que estén alineadas horizontalmente, lo mismo las boquillas de las canales, según las líneas *ec*, que las de las cobijas *ss*, para que el tejado presente buen aspecto. Las tejas cilíndricas de rebordes *(fig. 33)*, que enchufan unas en otras con una medida fija, presentan desde luego esta regularidad, y en ellas el reborde *r* de la teja inferior impide el retroceso del agua que no haya cortado el recubrimiento de la teja superior, cuya agua además no puede ser absorbida por la junta de las tejas, porque los defectos de fabricación y los efectos de la cochura impiden un ajuste exacto.

Las canales y cobijas se asientan muy comunmente á *teja vana*, es decir, sin más cama que algunos trozos de teja rota ó de cascote colocados á los costados de las canales para mantenerlas en su posición. En construcciones de alguna importancia se las coloca *á torta y lomo ó á lomo cerrado*, consistente en sentar las canales sobre una capa de barro, de yeso ó de mortero, con el cual se forma también un alomado entre cada dos canales para que sobre él descansen las cobijas. Si se emplea mezcla de cal, debe extenderse sobre la tablazón una capa de alcatifa para que el mortero no dañe á la madera, y en todos casos es conveniente mojar las tejas antes de sentarlas para que se adhieran á la mezcla. Con este sistema se suprimen en algunas obras las cobijas, aunque cuidando que el alomado esté dispuesto de modo que no deje paso á las aguas.

Las tejas se colocan también sin necesidad de tablazón, disponiendo un enlistonado según la pendiente del tejado, entre cuyos espacios se sostienen las canales, apoyando por sus costados en los listones que se clavan á menor distancia que la dada por el ancho de las tejas. Las cobijas van de este modo dispuestas sobre los listones, pudiendo sentarse sobre barro para que las aseguren, así como á las canales.

El asiento á teja vana carga poco las armaduras, pero tiene el inconveniente de que el viento levanta las tejas, dejando así con más facilidad paso á las aguas que las sentadas á torta y lomo. Además de esto, no pueden aguantar el peso de los albañiles en caso de tener que retejar, pues se quiebran; por lo que, cuando se emplea este sistema se sienta sobre mezcla una fila de cobijas entre cada dos ó tres, para sobre ellas poder sentar los pies y evitar lo que de otra manera hay que hacer, que es ir levantando tejas según el albañil va andando.

1272. Cuando la pendiente del tejado es muy fuerte, hay necesidad de sujetar las tejas que forman las canales haciéndoles un barreno en la parte superior ó ancha por el que se introduce un clavo que penetra en la tablazón y que queda cubierto por el traslapo de la teja superior. En su lugar puede proporcionarse á las canales un tope por la parte inferior, el cual es fácil hacer cuando se fabrican, ya pegándoles un trozo de barro para formarlo, ya practicando una cavidad en la mesa donde se les da la forma plana (109) para que resulte el tope por debajo.

En la parte del caballete *b* y en las limas tesas se colocan tejas *maestras ó de arista (fig. 30)* sobre un alomado hecho con mezcla, de modo que cubran los extremos de las cobijas y canales. Á estos redoblones se les da también la forma de la *figura 1366,* colocándolos en las limas tesas muy inclinadas, como se ve en la *fig. 1367,* para lo que se sujetan con clavos que se introducen por los agujeros *a (fig. 1366)*.

En cubiertas de una vertiente, ó que ésta termina por su parte superior en una pared *(fig. 1368)*, debe elevarse ésta lo suficiente para que los extremos de las cobijas y canales queden empotrados, y se establece sobre el espesor de dicho muro un solado de ladrillo *aa* que, á la vez que lo preserva de las lluvias, sirve de andén ó paso para registrar los tejados y conducir los materiales en caso de un reparo.

En los encuentros con chimeneas ú otro obstáculo *(fig. 1369)*, hay necesidad de colocar una canal *C* de sección suficiente para que pueda contener todas las aguas que en fuertes aguaceros hayan de acudir allí, y con pendiente hacia un lado ó hacia dos, cuidando de que las boquillas de las canales vuelen sobre ella.

Del mismo modo se ha de tener esto presente en la construcción de las limas hoyas, las cuales se forman con tejas de mayor tamaño y capaces de contener las aguas de los mayores chubascos. Como en las anteriores y en todos los casos análogos, las canales han de volar sobre la lima hoya. Por debajo es muy conveniente colocar planchas de cinc que cubran el ángulo diedro formado por la tablazón, á fin de evitar que la pudran las filtraciones que pudieran sobrevenir.

1273. Para revestir de teja las cúpulas se trazan primeramente sobre la superficie esférica unas meridianas de arriba abajo que la dividen en sec-

ciones y se empieza la colocación de las tejas por la línea media entre dos meridianas, continuando á derecha é izquierda hasta rematar en éstas: se cubren luego estos remates formando alomados ó caballetes con las tejas redoblones. Se procura que las tejas no puedan resbalar una vez colocadas, haciendo á las canales el agujero indicado antes para sujetarlas en la cúpula con clavos ó estaquillas de madera, los cuales pueden sustituirse con buena mezcla ó cemento que, una vez endurecido, es un clavo tan bueno ó mejor que la madera. Para que las tejas se sienten todas á la misma distancia de la superficie curva y el tejado presente la misma redondez de ésta, se colocan todas las tejas á la medida de un descantillón, y con objeto de poder subir ó bajar por encima del tejado cuando hay que reconocerlo ó repararlo, se colocan unas asas de hierro ó garfios de amarra en la parte de la cúpula opuesta á la vista principal, donde puedan agarrarse los albañiles y sujetar los andamios volantes que sean necesarios para la obra.

1274. La colocación de las tejas de doble inflexión ó figura de S es igual á la de las árabes. Las que se emplean en Flandes y Norte de Francia tienen un tope ó saliente T por la parte inferior *(figura 1370)*, lo que permite colocarlas sobre listones horizontales en vez de tablazón, pues se apoyan en ellos con dicho saliente. Pueden emplearse en pendientes de 30 á 40°, pero como es poco lo que se recubren ó solapan (unos 5 centímetros) y son algo alabeadas ó deformadas, no ajustan bien unas con otras, es difícil su colocación, hay necesidad de tomar sus juntas con mezcla para que la lluvia no penetre entre ellas, y en la parte inferior ó bocateja del alero recibirlas igualmente con mezcla.

1275. CUBIERTAS DE TEJAS PLANAS Y CURVAS.—Los romanos emplearon, y hoy se usan en algunos puntos del extranjero, tejas planas de figura de trapecio con rebordes en sus lados no paralelos, colocándose como las curvas ó empleándose sólo para canales, en cuyo caso traslapan unos 8 centímetros unas á otras, y se cubren las juntas laterales con tejas curvas, como semiconos, que presentaban en el alero las llamadas *antefijas*, sólidamente fijadas en la cornisa y cerradas por su cara inferior, la cual se adornaba con pinturas ó con molduras. En algunos edificios se colocaban también antefijas en el caballete.

Las tejas dibujadas en la *fig. 27*, son una modificación de las romanas y su colocación es como la de éstas, y en la sección que representa la *fig. 32* se ve claramente cómo se colocan las ideadas y fabricadas en Valencia por el Sr. Piñón. La plana *aa* hace de canal y la cilíndrica de cobija, invirtiendo su colocación cuando se trata de cubrir una azotea.

1276. REVESTIMIENTO DE TEJAS PLANAS.—Las tejas de Borgoña *(fig. 26)*, que pesan de 85 á 90 kilogramos por metro cuadrado, se emplean en Francia colocándolas de la manera que se indica en la *fig. 1371*. Para ello, se marcan con un cordel las distancias de 11 á 8 centímetros que deben tener de traslapo las tejas y la línea superior será la que deba llevar el listón que ha de recibir la primera fila de tejas. Los listones, si son de encina rajada, tienen de 35 á 54 milímetros de anchura por 5 de grueso, el cual se reduce á 3 ó 4 cuando son de pino: se emplean también de sección triangular, aserrando los anteriores en diagonal. Unos y otros se clavan en los cabrios *aa*, *bb*, de manera que cada fila de tejas *A*, *B*, abarque tres de ellos. Los cabrios están á la distancia de 22 á 23 centímetros, que es la anchura de las tejas, y éstas se colocan yuxtapuestas unas con otras por sus costados, cuidando de que estén á juntas encontradas con las de la fila inferior y que enrasen con el canto, ya derecho, ya izquierdo de los cabrios, según la fila á que pertenecen. Así, por ejemplo, el enrase de las tejas de la fila *A* es con el canto *aa*, inverso del *bb* con el que enrasa la fila *B*. Las tejas llevan en su cara inferior *(fig. 26)* un tope *t* para retenerlas en el enlistonado y están además perforadas en otro punto *c* que en su colocación corresponde con el eje de los cabrios para que el clavo con que se fijan penetre hasta ellos después de atravesar el listón. El agujero es más grande hacia el interior que en el exterior con el objeto de que el viento no ocasione la rotura de las tejas, y para moderar además esta acción, tienen más delgados los bordes inferiores *ab*. La disposición del tope y del agujero es inversa en cada fila de tejas porque así lo exige el enrase á un lado ó á otro de los cabrios.

Se empieza la colocación de las tejas por el alero, como en las árabes ó curvas, cubriendo las superiores los $^2/_3$ de las inferiores, y si no hay cornisa se clavan tablas por debajo de los cabrios en la parte que éstos vuelan para que el viento no levante las bocatejas. Algunas veces se pone en esta parte una fila de tejas en sentido diagonal, formando dientes para recibir encima las bocatejas.

En las aristas salientes de caballetes y limas te-

sas, se cortan las tejas según pide dicha arista y se hace un alomado de mortero que, cuando es de yeso, se cubre con tejas curvas para defenderlo de la intemperie. En las limas hoyas se emplea el cinc para formar las canales.

Este revestimiento, que exige pendientes mayores de 27° ó sea 0,50 de altura por 1,00 de base, presenta gran fijeza en todas sus partes, pero en cambio necesita mucha madera y los agujeros tienen el inconveniente de dejar paso al agua que oxida los clavos y pudre la madera.

1277. Las tejas planas de forma quebrada, que representan las *figs. 28* y *29*, tienen la colocación que en éstas se indica, traslapándose más ó menos según es la pendiente de la cubierta. Se prestan á colocarse sobre listones dispuestos según la pendiente de la cubierta, apoyando en ellos por sus costados, como se indicó para las tejas curvas (1270).

1278. La colocación de las tejas de rebordes laterales formando canal *(fig. 31)*, se verifica sobre filas horizontales de listones clavados en los cabrios, en cuyo enlistonado se retienen las canales por los pitones *P, P* que tienen en su cara inferior, ajustándose las cobijas con los traslapos de las anteriores mediante el recorte saliente de sus rebordes laterales.

1279. Las tejas dibujadas en la *fig. 34*, cuyos rebordes *aaa* son salientes por la cara superior y los opuestos *bcb* por abajo, se colocan sobre entablado de la manera que se indica en la *fig. 1372*, donde se ve que los rebordes inferiores de una teja montan sobre los superiores de otras dos, cubriéndolos, y éstas á su vez cubren los rebordes de otras.

De una manera semejante á ésta se colocan las tejas representadas en la *fig. 35* que forman una especie de escamas. La *fig. 37* indica la disposición que se da á las que han de formar el caballete y la *36* la que corresponde á su alero. Esta clase de tejas debe tener su parte inferior muy áspera y provista de unos topes *T*, para que se aseguren en la capa de mezcla sobre las que se han de sentar y no haya riesgo de que resbalen.

1280. Las tejas llamadas *mecánicas* se unen lateralmente y por los extremos de manera que evitan el rebosamiento del agua por efecto de la capilaridad y de los fuertes vientos. Tienen varias canales con bordes levantados y ranuras *(fig. 38)*, de modo que en unas la junta es de encaje, como detalla la sección *(fig. 1373)*, y en otras es de recubrimiento *(fig. 1374)*. Su peso es de 35 á 45 kilogramos por metro cuadrado.

Su colocación es por filas horizontales *(figura 1375)* reteniéndose por medio de los topes ó pitones que llevan en la cara inferior en listones ó cuadradillos de hierro y muchas veces en hierros de sección angular ó de T ú otras especiales, como se ha visto en varias figuras cuando la mucha distancia entre los cabrios lo exige. El listón ó hierro del alero ó bocateja es más alto que los otros, para que el agua vierta bien en la canal y el inmediato se coloca perfectamente paralelo á éste, calculando su distancia de modo que la primera fila de tejas enganchando en ella y reposando sobre la de arista, dé una salida suficiente fuera del alero. El sitio de los demás listones se marca en los cabrios de modo que el último llegue á unos 9 centímetros de la cumbre, lo que es posible si se tiene cuidado de repartir la diferencia que hubiere entre las distintas divisiones. Los hierros de sección rectangular encajan unas veces en escopleaduras ó cortes hechos en el canto superior de los cabrios, según se ve en *u, u (figs. 1166* y *1167)* y otras se sujetan á éstos como se detalla en la *fig. 1107*. Los hierros angulares de pequeñas dimensiones, se fijan por medio de tornillos ó pernetes *pn (fig. 934)* y cuando son de mayor sección, empleando escuadras como las *es* de las *figs. 935* y *936*. Cuando se rellena el espacio comprendido entre los cabrios ó correas (1270) se pueden fijar estos hierros por medio de pequeños trozos remachados en ellos por un extremo y abiertos por el otro para empotrarlos en el relleno, como el de la *fig. 1262*. Se retienen también las tejas en alomados de mezcla que hacen el oficio de los listones ó hierros, ó se sientan en toda su extensión sobre una tortada de mortero.

Se empieza la colocación de estas tejas como la de todas, por el alero *aa (fig. 1375)*, cuidando de que las juntas de las filas superiores *bb* caigan en el medio de las inferiores, encajando unas en otras por sus bordes. Donde los vientos son fuertes, cada teja se sujeta en el enlistonado con ligaduras de alambre, á cuyo fin llevan por debajo un pequeño pitón con un agujero. En ocasiones basta sujetar una teja cada tres ó cuatro, para que queden seguras. En la cumbre se forma el caballete con tejas como la dibujada en la *fig. 1376* ó de sección cilíndrica. Para ello se emplean también las tejas llamadas de *caperuza* como se ve en la *figura 1377* y algunas veces se emplean las que tienen su

cara superior horizontal *(fig. 1378)*. Cuando se trata de cubiertas á diente de sierra, se adoptan varias disposiciones, ya empleando las tejas cilíndricas *(figs. 979 y 1252)*, ya las de caperuza *(figuras 984, 1116 y 1254)*.

Las tejas mecánicas tienen diversidad de formas, desde la rectangular á la romboédrica, fabricándose á la medida que se desea para formar las limas y caballetes, para dar luz y ventilación, como las gateras *(figs. 1338 y 1339)*, para salida de humos, etc., así como semitejas para extremidades y otras varias clases.

Se deben reconocer bien las tejas antes de emplearlas, pues que sea por defectos de fabricación ó de cocción, hay muchas alabeadas hasta tal punto que su enlace es puramente ilusorio y á los menores vientos se levantan, produciendo goteras más importantes que empleando las tejas curvas ó árabes.

1281. EMPIZARRADOS Ó REVESTIMIENTOS DE PIZARRA. — La pizarra alivia considerablemente el peso de una cubierta porque es más ligera que la teja, lo que en cambio facilita que el viento la levante; no se empapa tanto de agua, pero ésta sube por efecto de la capilaridad; la pizarra es invariable con los cambios atmosféricos y permite sustituir la tablazón por un enlistonado que se coloca por filas horizontales distantes de 11 á 27 c/m unas de otras, lo que por otro lado es de necesidad para que el aire circule libremente y evapore la condensación que se deposita en ella por la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cubierta: los empizarrados son de una conservación costosa á causa de los frecuentes reparos que necesitan, ejecutándose éstos siempre con dificultad y de una manera desfavorable, pues que ellos mismos son una causa de degradación y nunca las pizarras nuevamente colocadas lo están tan bien como las otras; en fin, en caso de incendio tienen el gran inconveniente de saltar en pedazos candentes que pueden incendiar los edificios inmediatos y lastimar á las personas.

La impermeabilidad de la pizarra, que es su condición más importante, se averigua antes de emplearla sumergiéndola en agua durante un día hasta 2 c/m de su borde y si el agua no gana más de un centímetro de altura será buena y tanto peor cuanto más suba el agua por la acción capilar. También se averigua pesando la pizarra y sumergiéndola en agua durante una hora, siendo tanto peor cuanto más cantidad de agua haya absorbido. Las de 3 m/m de grueso no deben absorber más de 5 diezmilésimas de su peso. Otro medio de saber el agua que absorbe consiste en hacer alrededor de la pizarra un borde con cera y verter agua después en ella, siendo buena la pizarra si al cabo de algunos días no ha penetrado nada el agua.

1282. La colocación de las pizarras se verifica por filas horizontales, empezando por la inferior que debe volar fuera de la cornisa unos 10 c/m ó montar sobre la canal, para que las aguas puedan verter en ella. Se clava en la tablazón una hoja de cinc *ad (fig. 1379)*, que cubra el borde de la canal *doh*, ó se colocan bocatejas ó cobijas curvas para el mismo objeto. Sobre esta preparación se fijan las filas horizontales de pizarras, cubriendo las superiores á las inferiores de $^1/_4$ á $^3/_4$ de su longitud, haciendo mayor el traslapo cuanto menor sea la pendiente, tanto que en las cubiertas quebrantadas ó mansardas, la parte vista de la pizarra acostumbra ser de $^3/_4$ en la parte inferior y de $^1/_4$ en la superior, es decir, que en ésta el traslapo es de los $^3/_4$ de la pizarra. Se colocan éstas tan arrimadas unas á otras como se pueda, disponiéndolas á juntas encontradas para que las inferiores queden cubiertas por las superiores y se fijan en los listones ó tablazón por medio de dos clavos cada pizarra dispuestos á 2 c/m de su borde. Antes de emplearlas se clasifican las pizarras por sus gruesos, destinando las más gruesas á la parte inferior y cuidando de que las pequeñas estrías que presentan se encuentren en sentido de la pendiente, para que si se rompen en obra queden ambos pedazos en su sitio sujetos cada uno por un clavo y que pueda el agua que pase por la quiebra caer sobre la pizarra que hay debajo y no dañar al edificio dejando un trozo de cubierta expuesto á la acción de la lluvia. Los clavos que sujetan las pizarras han de tener unos 2 c/m de longitud y su cabeza debe ser plana y muy delgada.

Cuando las pizarras terminan en forma triangular ó de sector, se colocan por filas horizontales ó como indican las *figs. 1380 y 1381*, y en ambos casos de modo que acudan las gotas de agua al vértice ó punto inferior de la curva y escurran con más facilidad.

1283. El clavado de la pizarra tiene el inconveniente de que se quiebra cuando el viento tiende á levantarla y en caso de tenerse que renovar una pizarra, hay que quitar un clavo á cada una de las

que están encima, hacerlas girar luego por el otro, una á derecha y otra á izquierda para descubrir la intermedia, y renovar ésta fijándola con un clavo solamente, volviendo á colocar después las otras. Para evitar estos inconvenientes, algunos constructores han ideado reemplazar los clavos con ganchos de cobre ó hierro galvanizado que retengan la parte inferior de la pizarra. Este sistema tiene la ventaja de no cortar esta última por los agujeros y de producir la fijeza precisamente en el punto donde se ejerce la acción del viento, es decir, en el borde inferior.

En la *fig. 1382* se presenta la forma *ca* que se da á los ganchos de alambre, cuando se han de fijar en la madera de los listones, y la *fig. 1383*, la que se adopta para engancharlos en los hierros, que como en el caso de las tejas mecánicas ó planas, son de pequeña sección. Se emplean también los alambres en figura de resortes, dándoles la forma representada en las *figs. 1384* y *1385*, en la primera de las cuales el gancho se retiene por la presión de su brazo *c* contra el listón y en la segunda se sujeta más por el recodo *d* quedando el listón aprisionado. El alambre que se emplea es de hierro galvanizado de 2 á 3 $^m/_m$ de grueso y mejor de cobre rojo.

Los ganchos se hacen también de tiras de cinc, palastro galvanizado ó cobre, dándoles la forma representada en la *fig. 1386*, cuya cruz *cc* está hecha con una tirita remachada. El gancho se clava al listón por su extremo superior *a* como aparece en la *fig. 1387*, colocando el gancho de manera que los dos brazos de la cruz abracen las dos pizarras de la fila inferior, sujetándolas, lo que da para cada gancho tres puntos de contacto, uno en cada una de las tres pizarras, que se aislan completamente y en toda su superficie unas de otras, de modo que la acción capilar no tiene lugar y es completa la aereación, presentando así la cubierta más garantías de duración. El empizarrado resulta como se ve en la *fig. 1388*. El gancho tiene también la forma de la *fig. 1389*, haciendo la cruz de la misma plancha, lo que produce desperdicios y se coloca sin clavarlo al listón, pues que se cuelga de él como aparece en la *fig. 1390*, lo cual es de necesidad cuando se emplean varillas ó tirantillas de hierro. En estos ganchos se emplea cinc del número 19 ó 20, dándole un ancho de 11 $^m/_m$ al del 1.° y de 8 $^m/_m$ al del segundo: si son de cobre se hacen de 1 $^m/_m$ de grueso y 5 de anchura.

La renovación de las pizarras rotas se hace fácilmente con estos ganchos. Basta hacer resbalar la pizarra de bajo á alto para desengancharla y, levantándola un poco, hacerla bajar para sacarla. Del mismo modo se coloca la nueva.

1284. Las pizarras colocadas sobre un enlistonado de hierro presentan una superficie plana perfectamente correcta y que se conserva siempre en este estado, lo que no se consigue con el enlistonado ordinario.

En las limas tesas y caballetes puede hacerse que la pizarra *B (fig. 1391)* de un lado monte sobre la del opuesto *A* con el objeto de que libre la junta de la acción de las lluvias, y para ello se cuida de que el vuelo la defienda de los vientos más frecuentes en la localidad. Se cubren también estas aristas con tejas *A (fig. 1392)* sentadas sobre mortero. Vale más, sin embargo, cortar las pizarras de modo que presenten la menor junta posible, y cubrir ésta luego con un reborde de buen mortero ó mejor con hojas de plomo ó cinc de figura de rombos llamados *pañuelos*. Igualmente pueden emplearse hojas continuas de plomo, traslapando siempre las uniones en 10 centímetros de extensión *(figura 1393)*. Estas hojas se clavan á la hilera ó tablazón, cuidando que no pueda penetrar el agua por el agujero del clavo cuando al cabo de algún tiempo lo haya agrandado la herrumbre, para lo que se acostumbra soldar la cabeza ó cubrirla con una planchita de plomo. También se pueden sujetar por medio de dobles corchetes de hierro clavados á la tablazón, cuyos extremos doblados *(figura 1394)* sujetan los bordes de las hojas. En Inglaterra acostumbra disponerse el caballete como indica la *fig. 1395*, cuya disposición es sin duda la más eficaz y segura. Se dispone también con dos planchas auxiliares *(fig. 1396)*, una en cada vertiente, cuyos bordes superiores se defienden con una cubrejunta que las abraza y se extiende en el caballete.

Las limas hoyas, así como los encuentros con chimeneas, pueden hacerse también con pizarras, cortándolas convenientemente; pero lo más seguro es asentar en el fondo una canal de suficiente anchura para que corra el agua, formada de tejas bien recibidas con mezcla ó mejor de hojas de plomo, cuidando en ambos casos de que la canal quede debajo de la fila inferior de pizarras *b (figura 1397)*, en una anchura de 5 centímetros por lo menos y que esté empotrada por el otro costado *d*

en la fábrica de la chimenea, cuando esté á ella adosada, asegurándose de este modo de que las lluvias no penetren por su unión.

Lo mismo las tejas que la mezcla que se emplee en una cubierta de pizarras, debe pintarse de negro al óleo. Para dar brillo á las tejas es muy bueno un barniz hecho con $^2/_3$ de polvos de zapatero ó de carbón molido y $^1/_3$ de brea ó mezcla de pez y sebo, echando ésta poco á poco y meneando sin cesar. Se da á las tejas una mano de este barniz, luego dos de brea pura más espesa que la primera, y cuando esto esté seco, se echa encima minio pasado por cedazo, fratesando la teja hasta que saque lustre.

Además, como hay facilidad de resbalar por la superficie de la pizarra en el caso de tenerse que hacer un registro, se suelen colocar de trecho en trecho ganchos ó garfios de amarra *ag*, *a'g'* (*figura 1398*) que se fijan sólidamente en la armadura por medio de pernos *P*, cubriéndose luego con una plancha de plomo la unión con la pizarra para que no pase el agua por el agujero. Estos garfios sirven para fijar las escalas ú otros medios de trabajo, y como la pizarra es debil para resistir el peso de los operarios, se hace que la plancha abarque algunas de ellas á fin de repartir el peso en mayor extensión.

Para que un revestimiento de pizarra no deje paso al calor, que es su gran inconveniente en los paises cálidos, puede hacerse una contracubierta inferior de pizarras sin solapar, dejando entre ambos revestidos un espacio hueco que dé paso al aire.

ARTÍCULO XVI

Revestimiento vegetal de cubiertas.

1285. REVESTIMIENTO DE TABLAS.— Análogamente á como se emplea la pizarra puede hacerse uso de tablillas. Antiguamente, en algunas comarcas, se rajaba la encina, el castaño ó el pino, escogiendo la madera de hilo sin nudos y se colocaba en su forma natural clavándolas por su extremo superior y cubriendo unas á otras en la mitad de su longitud. Hoy se emplea la tabla en trozos de 22 á 30 centímetros de longitud por 7 á 15 de anchura y 6 á 20 milímetros de grueso, recortadas por su parte inferior, que es la parte que queda aparente, según diversos perfiles (*fig. 1399*). Se colocan unas junto á otras por filas horizontales traslapando las superiores la mitad de las inferiores y clavando cada tablilla con un solo clavo en el enlistonado que va sobre los cabrios, como en los empizarrados. Si se clavan sobre un entablado resulta el revestimiento con tres gruesos: uno el de esta tablazón y los otros dos los de las tablillas que están superpuestas. Éstas deben ser lo más estrechas posible para que se alabeen ménos y sea más difícil que se abran si al clavarlas se ha tenido cuidado de no rajarlas. Estas cubiertas deben tener una inclinación de 45 grados para que den buen resultado.

1286. Se hace también el revestimiento con tablas clavadas por filas horizontales de manera que monten las superiores sobre las inferiores, como se ve en *C* (*fig. 437*), y que las juntas de empalme de unas y otras en la misma fila caigan precisamente sobre los cabrios, á los que se clavan, cubriendo después el empalme con pequeños listones para impedir el paso del agua. Esto, sin embargo, no se evita porque las tablas se alabean al poco tiempo con el calor y la humedad, por lo que se ha ideado disponer las tablas sobre un escalonado hecho en los cabrios como el indicado en (*D*) cubriendo las juntas con listones también adentellados, para que encajen en los resaltos de las tablas y que se fijan en los cabrios por medio de pernos ó largos clavos.

Las tablas se disponen también en sentido de la máxima pendiente, unas al lado de las otras, cubriendo las juntas con listones *aa* (*fig. 1400*) y en algunos casos con otras tablas, para lo cual se preparan las de debajo de manera que los bordes de las superiores monten ó cubran los de las inferiores, como se ve en *b*, *b*.

1287. El revestimiento de cubiertas con tabla no puede emplearse sino en obras provisionales, y aún en este caso hay que pintarlas al óleo ó embrearlas, pues en nuestros climas, el ardoroso sol abre la madera, la alabea considerablemente y la hace al poco tiempo inútil para el objeto.

En algunos casos se las cubre con lona ó con cartón embreado que se coloca por fajas horizontales guardando la misma precaución que en las tablas, de recubrirse en parte unas á otras, á no ser que se establezca otra unión más impermeable. Para que el viento no levante la tela hay que clavarla, pudiendo formarse por las orillas una doblez (*figura 1401*) sujeta con clavos.

Se emplean los revestimientos de tabla en paises

muy húmedos para defender de la lluvia las paredes delgadas y que no las atraviese la humedad.

1288. REVESTIMIENTOS DE CARTÓN Y TELAS IMPERMEABLES.—El cartón embetunado, el fieltro asfaltado y otros productos análogos, como el cartón-cuero, el papel impregnado de asfalto y otras telas impermeables que se nos ofrecen por la industria, pueden prestar muy buenos servicios en obras provisionales donde se necesite conseguir la impermeabilidad con poco gasto, y no se exijan las condiciones de duración y resistencia que requiere una cubierta definitiva en construcciones permanentes, aunque adoptando las precauciones necesarias para que cumpla su objeto.

El *cartón embetunado* se coloca desarrollándolo por fajas horizontales sobre el entablado, empezando por el alero de la cubierta y de modo que unas traslapen á otras unos diez centímetros lo menos. Luego, en sentido de la pendiente y sobre cada cabrio, se clava un listoncillo que se embrea después. Los rollos se tienden también de arriba á bajo, cuidando de que los cabrios estén dispuestos de manera que en la junta de los bordes del cartón haya uno para clavar sobre él un listón que cubra dicha junta además de los que corresponden á los otros cabrios intermedios. En todos casos, se debe embrear ó embetunar toda la cubierta después de terminada y darle una mano todos los años para que se conserve en buen estado de impermeabilidad.

La inclinación que conviene á estos revestimientos es de 18 á 21 grados, ó sean 0,33 á 0,38 por 1,00 según sea el traslapo que tengan unas fajas sobre otras, el cual debe aumentarse en razón inversa de la pendiente. Su peso por metro cuadrado resulta de unos 3 kilogramos que con el entablado hace un peso total de unos 6.

1289. El *fieltro asfaltado* de Anderson se emplea sobre listones ó tablas de ripia por fajas paralelas en sentido de la pendiente, traslapando unos bordes á otros y clavándolos de 5 en 5 $^c/_m$ con clavos especiales fabricados para ello. Clavado el fieltro se barniza con una mezcla de 1 litro de brea y 0^k125 de cal, que se echa bien tamizada cuando aquélla está hirviendo; este barniz se aplica con un cepillo común ó aljofifa, espolvoreando antes que se enfrie con arena seca y fina. Si el fieltro tiene ya el barniz asfáltico con la arena, solo requiere que después de clavado se cubran los bordes de unión con el barniz asfáltico.

Cuando por la frialdad de la atmósfera ó por llevar mucho tiempo enrollado estuviera el fieltro rígido se debe calentar hasta ponerlo flexible, y si los bordes estuviesen pegados, se separan con un cuchillo untado de grasa.

El fieltro puede ser blanqueado con cal mezclada con cola ú otra materia glucosa; y para su conservación se recomienda darle una mano de barniz á los tres meses de puesto, repetirla anualmente en los tres primeros años y cada tres años después en lo sucesivo.

1290. La *lona embreada* se puede colocar sobre un enlistonado, tendiéndola según su longitud en sentido de la pendiente y empezando por clavar el extremo inferior á lo largo de la arista del alero: la segunda tela se coloca sobre la anterior de modo que coincidan sus orillas, las cuales se cosen atirantando la de abajo y clavando ambas por el envés de la de arriba; hecho esto se vuelve esta lona y se le cose otra por la orilla opuesta, y así se prosigue hasta terminar la cubierta, cuidando de cubrir bien los caballetes y limas, especialmente las hoyas: entre las cabezas de los clavos y la lona se pone un trocito de cartón fuerte que el clavo atraviesa y que sirve para impedir que su cabeza rompa la tela. En lugar de esto podría clavarse por el envés y sujetando las dos telas, un delgado listón de madera.

Terminada la colocación de la lona, se le da una mano de brea mineral en caliente con una brocha y después de seca se le pasa con mucha suavidad una piedra pómez mojada en agua para quitar las desigualdades y tapar los poros que hubieran quedado sin cubrir: seca de nuevo, se da otra mano de brea en sentido horizontal y luego, después de seca la segunda, una tercera en sentido de la vertiente.

1291. Aunque estos materiales se destinan, por lo general, á obras provisionales, pueden también tener su aplicación sobre revestimientos de tabla, como se ha indicado en el párrafo 1287; y se emplean igualmente, sobre cubiertas más sólidas de teja ó pizarra y aun de materiales metálicos, ya debajo, cuando se quiere conseguir una completa impermeabilidad ó amortiguar el ruido que los vientos y las lluvias producen en la pizarra, ya encima, si se desea una cubierta abrigada del calor ó del frio.

En cubiertas curvas, que más que otras están sujetas á los vientos por su elevación, pueden emplearse disponiéndolas debajo del revestimiento en filas de abajo arriba que se fijan con listones clavados en los cabrios.

Para depósito de materias explosivas, pueden tener estas cubiertas una aplicación casi definitiva porque tienen poco peso y no ofrecen peligro en caso de una explosión. Entonces, los clavos de sujeción que se empleen deben ser de cobre ó cinc ó de madera, para que no puedan saltar chispas.

1292. CUBIERTAS RÚSTICAS. — La paja ó bálago, la retama, la juncia, el esparto y otras plantas de análoga naturaleza, sirven también de cubiertas en construcciones tan rústicas como chozas, ejecutadas por los mismos habitantes ó labriegos y con sólo el cuidado de colocarlos por haces en sentido de la pendiente, de manera que se recubran bien y que la parte gruesa esté hacia arriba: se atan uno por uno, pareados ó en mayor número á unos listones dispuestos por filas horizontales sobre los cabrios. Su colocación da principio por la parte inferior de la cubierta, ya disponiéndolos por fajas á nivel, ya de un modo escalonado ú oblicuo de abajo arriba, empleando la tomiza de esparto, de juncia ú otra materia filamentosa para sujetarlos. Los caballetes se forman con un alomado de barro ó con haces abiertos por la punta y puestos á horcajadas sobre el madero que forma el lomo, al cual se ligan ó atan como los otros á los listones, cubriéndolos después con barro.

En climas tropicales, esta clase de revestimientos son muy empleados y se construyen con mucha regularidad y solidez, á lo que contribuye la abundancia de plantas á propósito. En Filipinas se emplea el cogon y la nipa. El primero, que es una hierba de 2^m50 de longitud, se prepara en hacecillos de 12 á 15 $^c/_m$ de diámetro, atados con abacá, juncos ó bejuco, los cuales se sujetan formando filas sobre listones horizontales de bambú, dispuestos á 15 $^c/_m$ de distancia unos de otros. Se empieza la colocación de los hacecillos por el alero, atándolos con cuerdas de bejuco al segundo listón, de modo que descansen sobre el primero hasta formar la fila de alero; sobre ésta va la inmediata superior traslapándola y así las demás, dando este revestimiento un espesor de tres capas. Los hacecillos se peinan con los dedos para dejarlos en forma de abanico; y después de terminada la cubierta, cuando ha hecho ya su asiento, se llenan los huecos ó goteras que resulten con hacecillos que se introducen por medio de unas paletas de madera y se rastrilla por fin el revestimiento con una especie de peine de grandes púas con mango, recortando con una hoz las hebras que sobresalen de la superficie.

Otro método de hacer estos revestimientos consiste en tomar una caña bojo delgada de 2 metros de longitud y doblar el cogon alrededor de ella por la parte más gruesa, atando después otra caña á la primera de modo que el cogon quede entre ellas y se forme una especie de fleco que deberá tener 60 $^c/_m$ por 5 de grueso. Estos atados se ligan luego á los cabrios con las puntas hacia abajo y formando filas horizontales, empezando por el alero. Las filas superiores traslapan 50 $^c/_m$ á las inferiores, de modo que no queda descubierta más que una faja de 10 $^c/_m$ de anchura de cada una.

1293. Para el empleo de la nipa, que es un género de palma con hojas de 80 á 110 $^c/_m$ de longitud y de 6 á 8 de anchura máxima, se doblan éstas por su parte más ancha y se introducen en una rama rajada del mismo arbusto ó en un listón de bambú, de modo que se traslapen unas á otras en $^1/_3$ cosiendo luego el pliegue con hilos de abacá, juncos ó bejuco. En los extremos inferiores de los cabrios se ata un listón de media caña de bambú y sobre él descansa la primera fila de dichos atados de nipa, los cuales se sujetan en los cabrios de manera que se traslapen 15 $^c/_m$ por cada lado. Las demás filas se colocan de igual modo, solapando las superiores á las inferiores, dejando 8 $^c/_m$ de distancia entre los listones de los atados de una fila y los de la siguiente. Para la cumbre y las limas tesas, se emplean unos bastidores formados de la misma manera que los atados, con la diferencia de que llevan dos listones, distantes unos 75 $^c/_m$ y entre ellos están las hojas de nipa cogidas por sus dos extremos. Con estos bastidores se cubre la cumbre y las limas, doblándolos sobre ellas por la mitad de su longitud y sujetándolos con bejucos ó clavijas de caña.

ARTÍCULO XVII

Revestimientos metálicos de cubiertas.

1294. REVESTIMIENTOS METÁLICOS EN GENERAL.—Son muy empleadas en edificios de importancia las hojas metálicas para revestir sus cubiertas, por su buen aspecto, impermeabilidad, poco peso y la facilidad de poderse adaptar á toda clase de formas y pendientes, con solo golpearlas en frío sobre una bigornia, excepto las de cinc que por ser muy ágrio necesita trabajarse á una temperatura mayor de 10°.

Con esta clase de revestimiento, la pendiente de las cubiertas puede disminuirse y ser menor por lo tanto la escuadría ó gruesos de las piezas que constituyen la armadura, economizando así material de construcción y mano de obra. Este menor peso consiente también la disminución en el espesor de las paredes.

Tienen, sin embargo, el inconveniente de dejar paso al calor, no pudiendo aprovecharse para viviendas el espacio inmediatamente inferior de la cubierta, y el de alterarse grandemente con los cambios atmosféricos, contrayéndose con el frío y formando arrugas con el calor, de donde resultan grietas que dejan paso al agua. Las dilataciones además no son uniformes: las moléculas separadas violentamente con el laminado, tienden incesantemente á constituirse en otro estado de equilibrio y parece que se aprovechan de todos los movimientos producidos por las variaciones termométricas para obedecer á esta tendencia; así que una plancha que es plana en su principio y se ha abollado por un aumento de temperatura, no vuelve á su estado primitivo cuando esta causa desaparece: se contrae y cambia de forma pero continúa alabeada. Deben, pues, excusarse todo lo posible las soldaduras para que puedan tener juego las dilataciones y contracciones y no se abran las hojas, dando lugar á goteras, empleándolas de un modo análogo al indicado para el revestimiento de paredes con hojas de cinc (780). El tiempo de colocarlas conviene además que sea fresco y que se resguarden del sol durante su ejecución, cuando el calor de este astro pueda dilatarlas demasiado, sea cubriendo la obra de un modo cualquiera, sea regándola de continuo. Si esto no es posible y el metal sufre la acción atmosférica sin ningún atenuante, debe tenerse presente lo que ha de contraerse con el frío, si la obra se ejecuta en el verano ó lo que ha de dilatarse si el tiempo es frío.

1295. Los metales que se emplean para el revestimiento de cubiertas son el plomo, el cinc, el palastro, el cobre y la hoja de lata. Todos ellos tienen cualidades que debemos conocer para su empleo.

El plomo se destruye con aguas cargadas de sales, se dilata mucho y agrietea fácilmente.

El cinc es muy combustible y peligroso si se inicia un incendio ó cae una chispa eléctrica.

El palastro se oxida y si está galvanizado, se destruye fácilmente por la corriente eléctrica que se produce entre el hierro y el cinc.

El cobre es caro y la hoja de lata resiste mal á la oxidación, por más que en Polonia se conserva bien.

A las cubiertas revestidas con hojas metálicas, se da una inclinación de 15 á 20° ó sea de 0m26 á á 0m36 de pendiente por metro.

Las hojas ó planchas planas tienen que colocarse sobre tablazón continua, para que no queden en vago en algún punto y se favorezca así la acción atmosférica, además de que de este modo presentan resistencia al peso de una persona, en caso de registro ó reparo. La tabla es de un centímetro, cuando menos, de espesor, debiendo separarse unas de otras otro tanto y clavarse á los cabrios ó correas con dos clavos en cada uno.

Debe tenerse presente en su colocación, que las hojas metálicas resbalan de arriba abajo al dilatarse durante el día, en virtud del peso del metal, mientras que la contracción debida á la menor temperatura de la noche, se produce por su borde superior ó hacia arriba.

1296. CUBIERTAS DE PLOMO.—El plomo que se emplea para revestimiento de cubiertas ó de bóvedas, es el laminado, por tener un grueso igual y mayores dimensiones que el colado: en cambio disimula las roturas ó los defectos que se manifiestan bien pronto bajo la acción del aire y ocasionan las goteras. Está además sujeto á picarse, lo que no sucede con el colado: las picaduras son debidas á los insectos que lo perforan de un lado á otro, haciendo agujeros de 1 m/m de diámetro, cuyos insectos no atacan á los plomos viejos.

Las hojas que se emplean en cubiertas han de tener un grueso de 2 $1/2$ á 4 $1/2$ milímetros, por lo que resultan pesadas y caras, no pudiéndose emplear más delgadas porque no presentarían la suficiente resistencia contra las variaciones producidas por la contracción y dilatación, además de que la capa de óxido que la humedad del aire forma inmediatamente en su superficie las debilita, quitándoles espesor, por más que las preserva para lo sucesivo.

La tabla que ha de recibir las hojas de plomo debe ser seca, sin savia, pues ésta contiene una gran cantidad de ácido piroleñoso que forma con el plomo un óxido, en cuyo caso la oxidación es tan rápida que al cabo de algunas semanas el plomo se reduce á blanco de cerusa y se agujerea, no bastando para remediarlo la pintura de la madera.

Las planchas ú hojas de plomo, pueden colocarse por fajas horizontales ó inclinadas.

1297. Para lo primero se empiezan á colocar por la parte inferior, clavando la orilla ó borde superior de la hoja á la tablazón y uniendo los extremos de unas con otras, no con soldadura sino por medio de una doblez, como las indicadas en la *figura 1402*, dispuestas de manera que los vientos dominantes en la localidad no las deshagan. Sobre esta fila de hojas se colocan las de la inmediatamente superior, haciendo que su borde inferior monte sobre la fila de debajo en una anchura de 10 c/m próximamente, cuyo traslapo cubrirá los clavos con que ésta se ha fijado, defendiéndolos de la lluvia. Sobre esta segunda fila se tienden las hojas de la tercera y así sucesivamente hasta la cumbre.

El traslapo anteriormente indicado no es bastante, sin embargo, para evitar que el viento levante las hojas y se deben sujetar además de trecho en trecho por medio de unos corchetes de hierro *(figura 1403)*, que tienen por arriba dos ó tres agujeros para introducir otros tantos clavos con que fijarlos á la tablazón y por abajo un gancho *g* de unos 2 c/m, para retener el borde inferior de las hojas que caen sobre ellos de modo que los cubren enteramente, menos la punta *g* que sobresale.

La fuerza del viento, unida á la capilaridad, hace que la lluvia suba por los traslapos de las hojas, llegando hasta la madera, y para evitar este efecto se acostumbra arrollar los extremos de las hojas *(fig. 1404)* para que se encuentren algo separadas las superficies del traslapo, y se sujeta el borde inferior de las planchas por medio de manecillas *ac* soldadas en *c* y cuyo extremo *a* entra debajo de la hoja inferior, para que el viento no levante la de encima.

Mejor medio de sujetar las hojas es doblarlas por sus bordes una con otra ó sea *embordarlas*, como indica en sección la *fig. 1401*, sin emplear los clavos que no las permiten la dilatación en sentido longitudinal, es decir, de la fila de clavos. Este embordado, que es de libre dilatación, consiste en doblar el borde superior de las hojas *cb (fig. 1405)* y retenerlas por medio de corchetes *ag* colocados de trecho en trecho, los cuales quedan cubiertos por la hoja superior *A* doblada hacia abajo para embordar con la inferior.

1298. Para colocar las hojas en sentido de la pendiente de las cubiertas, se empieza por un extremo y por la parte inferior, haciendo fajas de abajo arriba que se clavan por sus extremidades superiores y se embordan unas con otras por sus orillas ó costados, de la manera que se indica en la *fig. 1402*, cuyo embordado se fija con corchetes de cinc *(fig. 1406)* clavados en la tablazón y más ó menos distantes, según la seguridad que se desee. La colocación de las filas se empieza por el extremo de la cubierta que sea más conveniente, para que los vientos no puedan penetrar por los embordados laterales y los levanten, pues pudieran deshacerlos. Al colocar la hoja superior en la prolongación de la inferior, se cuida de que la solape en 10 c/m por lo menos y de que la doblez de su costado entre en la de la anterior á que se adosa. Las demás fajas se colocan del mismo modo, embordando unas dobleces en otras y haciendo que correspondan los medios de las hojas de una faja con las juntas formadas por los extremos de las adyacentes.

Las cúpulas se revisten de la misma manera, con la diferencia de que las dobleces son muy salientes, formando de arriba abajo unos embordados que dividen la cubierta en porciones iguales.

El sistema que acabamos de explicar, tiene el inconveniente de que cuando hay que reponer una hoja por estar rota ó deteriorada se hace preciso levantar unas cuantas; y para facilitar este objeto se hacen las dobleces longitudinales, como indica la *fig. 1407*, donde la unión queda resguardada por una tapajunta *at* del mismo metal, modificándose entonces los corchetes para que sean dobles, como se representa en la *fig. 1408*.

También se suele hacer la unión por medio de un listón de madera *(fig. 1409)*, contra cuyos costados se doblan los bordes de las hojas, quedando todo cubierto por una tapajunta *at* que se fija al listón con clavos, cuyas cabezas deben soldarse ó cubrirse con una chapita soldada para no dejar paso al agua por el agujero. Por este sistema pueden suprimirse los corchetes, pues quedan sujetas las hojas por las tapajuntas. Los listones en la catedral de París, son de sección trapezoidal *(figura 1410)* y sobre ellos se embordan las hojas.

1299. En la cumbre y en las limas tesas, se tienden planchas ú hojas á lo largo que recubran los bordes de ambas vertientes, fijándolas en la hilera por medio de clavos que se introducen en agujeros oblongos para dejar libre juego á las planchas y se cubren con una chapeta soldada. Se cubren también los caballetes con tapajuntas dispuestas como las *at* de la *fig. 1407*, que se sujetan con dobles corchetes *(fig. 1408*, aunque el mejor procedimiento es el empleo de listones, pudiendo

adoptarse cualquiera de las disposiciones que aparecen en las *figs. 1411 á 1414*.

En las limas hoyas se disponen canales metálicas, sobre las que deben montar bastante las hojas, para que no pueda penetrar el agua por la junta ó traslapo, asegurándolas además con corchetes *a (figura 1415*.

1300. CUBIERTAS DE CINC.—En su principio, el cinc, cuyas propiedades no eran bien conocidas, se aplicó viciosamente como el plomo, originando el descrédito en que han estado estos revestimientos. Se establecieron sobre enlistonados para economizar material, y las dilataciones y contracciones del cinc, unidas á la clavazón, produjeron desarreglos que algunas veces dieron ocasión á que el viento las levantara por completo. La radiación y conductibilidad del calórico, por otra parte, producen en el cinc precipitados acuosos más ó menos abundantes por la cara inferior de las planchas que, con las alteraciones de sequía y humedad, determinan la pudrición de la madera. Hoy son ya de un uso muy general, porque se conocen estos efectos y las condiciones en que debe establecerse una cubierta de cinc, que son las de dejar á las planchas un gran juego para las dilataciones y contracciones, y no clavarlas, pues esta sujeción las impide hacer esos movimientos y con las alternativas atmosféricas se deforman y arrugan, abriéndose grietas y agujeros. La circunstancia de ser poco flexible el cinc, aconseja, además, que las dobleces no sean de arista viva para que no se abran las planchas.

Las cubiertas de cinc pueden disponerse de tres maneras: con *planchas lisas ó planas*, con *planchas onduladas* y con *tejas planas ó curvas*.

1301. Las planchas planas, de cuyo empleo ya se habló al tratar del revestimiento de paredes, se establecen sobre una tablazón continua de 15 á 20 milímetros de grueso, cuando las correas donde han de clavarse distan de 1^{m} á $1^{m}50$, aumentándose aquél hasta 25 milímetros si la distancia es de 2^{m} á $2^{m}25$.

Para el empleo de las planchas el sistema que se sigue hoy se llama y es *de libre dilatación*. Se empieza por dividir la cubierta en fajas ó zonas, según su máxima pendiente y de la anchura que permitan las planchas de cinc. Las que se fabrican en Avilés (Asturias) tienen 2^{m} de longitud por $0^{m}80$ de anchura, la cual da $0^{m}79$ de distancia para las zonas.

En las líneas marcadas para éstas se clavan listones, como se ha indicado para las cubiertas de plomo (1298), no empleando para ello el roble, que ataca al cinc. Los listones afectan en su sección la figura de un trapecio *T, T (fig. 1416)* y se clavan en los puntos medios de las tablas de modo que los clavos estén á 20 centímetros unos de otros próximamente, dándoles una dirección inclinada alternativamente á derecha é izquierda, como aparece en la figura. Se aseguran además con tornillos distantes 1^{m} unos de otros. Los listones varían de anchura y altura según es la pendiente de la cubierta, haciéndolos tanto mayores cuanto más débil es aquélla: se acostumbra darles la sección acotada en *A (fig. 1417)* en pendientes mayores, la de *C* en las que llegan á 20°, ó sea 0,36 por 1,00 y la *B* en las intermedias.

Entre los listones y la tablazón se interponen ó pasan unas bandas de cinc ó *grapas gaag (figura 1416)* y á distancia de 40 á 50 $^{c}/_{m}$ unas de otras, para con ellas sujetar después las planchas, á cuyo fin se doblan desde luego hacia arriba contra los listones, como se indica en *bc*. Las grapas tienen las dimensiones que se detallan en la *fig. 1418*.

Para colocar las planchas á lo largo de las calles formadas por los listones, se dobla su extremidad superior hacia arriba y la inferior hacia abajo, formando una pestaña de 35 milímetros en la primera y de 45 en la segunda. Se hace lo mismo con los bordes longitudinales en un ancho de 35 milímetros y se encajan las planchas sobre la tablazón entre los listones, empezando por la inferior que es la inmediata al alero ó canal. Las pestañas longitudinales se aplican contra los listones y se sujetan doblando ó embordando las grapas de la manera indicada en la figura. El extremo inferior de cada hoja se arrolla contra dos corchetes *nm (fig. 1419)* clavados á la tablazón, los cuales embordan al mismo tiempo la canal: el extremo superior de cada hoja se sujeta en los tercios de la distancia entre listones por otros dos corchetes *cc* de 12 centímetros de longitud por 4 de ancho, que se clavan á la tablazón con dos ó tres clavos. La plancha siguiente emborda por su extremidad inferior con la pestaña de la anteriormente colocada, ocultando con su doblez los corchetes, y los bordes longitudinales se ciñen como todos á los listones. Así se continúa hasta el caballete, donde se puede clavar un listón de pino que abrace las dos vertientes opuestas, para lo que se le da el corte *aooa* de la *fig. 1420*. En este punto, la doblez superior *oa*

de la última hoja tiene 5 centímetros, sujetándose las de ambos lados con grapas *aooa*. Puede suprimirse el listón de cumbre, haciendo que las planchas de uno y otro faldón emborden en la cumbre, ó que las hojas de un lado pasen á embordar en las del otro.

Terminada la colocación de las planchas, se procede á cubrir los listones con bandas de cinc de un metro de longitud por 10 á 11 centímetros de anchura, que se amoldan á la forma de los listones (*fig. 1421*), doblándolas además ligeramente hacia dentro en un ancho *a* de 8 milímetros, con lo cual quedan más firmes y no dejan pasar la lluvia. La primera tapajunta de abajo lleva en su extremidad inferior una plancha *abcd* (*fig. 1422*) que oculta la cabeza del listón defendiéndola al mismo tiempo de la lluvia, cuya plancha se prolonga por *ad* algunos centímetros hacia abajo para arrollarse contra la canal y el saliente de las hojas inferiores ya colocadas. El otro extremo de la cubrejunta se clava al listón con dos clavos. En cada una de las demás tapajuntas se sueldan á las caras laterales por la parte de adentro de su extremidad inferior, dos tiras *ac* (*fig. 1423*) de 9 centímetros de longitud por 15 á 20 milímetros de anchura, cuya soldadura se hace en *c* de modo que sobresalgan 2 centímetros del canto *dq*. La cubrejunta se corre hacia abajo para traslapar la anterior en 4 centímetros, entrando las tiras debajo de ella. Por el otro extremo se sujeta la tapajunta con dos clavos como la anterior, y así se continúa hasta encontrarse con el caballete, en cuyo punto de unión se suelda á la última tapajunta una plancha *bedc* (*fig. 1421*) que apoya contra el listón de cumbre y queda cubierta, como las pestañas de las planchas, con las tapajuntas de caballete, soldándose además con ellas. Éstas, que tienen 18 centímetros de anchura y las de lima tesa que son de 16, se colocan análogamente á las anteriores.

En Bélgica suprimen las tiras de unión y colocan invertidos los listones, según se ve en la *figura 1424*, embordando directamente las tapajuntas en las grapas *acb* y dejando entre la arista *b* de los listones y las dobleces *a*, *a* de las planchas, un espacio de 5 á 10 milímetros para que pueda efectuarse libremente la dilatación de las hojas.

En el encuentro de chimeneas ú otras paredes, las hojas se doblan en una anchura de 8 á 10 centímetros y se sujetan con corchetes *cor* (*figura 1425*), cubriéndolas luego con bandas de cinc de 12 á 15 c/m de anchura, ó sean tapajuntas de pared *ad*, las cuales se doblan por su borde superior para introducirse en una ranura horizontal practicada en ella, y cubren en 5 centímetros las pestañas de las últimas hojas. Esta tapajunta, que también se dispone como aparece en la *figura 1426*, se fija en la pared por medio de cuñas de madera ó clavos, rellenándose después la ranura con cemento. Se simplifica esta unión clavando una cubrejunta angular *acd* (*fig. 1427*), cuyo brazo horizontal *cd* retiene el mortero *om* con que se defiende de la lluvia.

En el sistema que se acaba de explicar, todas las hojas de cinc quedan sujetas y con libertad para dilatarse y contraerse, presentando un revestimiento unido sin más clavos expuestos á la intemperie que los empleados para sujetar la última cubrejunta, colocada en la cumbre del edificio, cuyos clavos deben ser de cinc. Los demás pueden ser de hierro si se procura que no les llegue la humedad. Adviértase que los cantos de las planchas no deben tocar en el fondo de la doblez que la recibe, para que puedan jugar libremente las contracciones y dilataciones y evitar los efectos de la capilaridad.

1302. Las planchas onduladas de cinc que se emplean en cubiertas son de $2^{m}25$ por $0^{m}75$, formando ondas, como indica la *fig. 1428*, de $0^{m}100$ de anchura y $0^{m}033$ de profundidad, cuya forma presenta una gran resistencia y permite el tránsito por encima, pudiéndose suprimir la tablazón ó enlistonado y hasta los cabrios, pues pueden sostenerse con las correas solamente. Éstas han de colocarse á $1^{m}05$, de modo que cada plancha apoye en dos de ellas y traslape á la inferior en 15 centímetros de su longitud. Por sus lados, cada plancha cubre media onda de la inmediata.

Para colocarlas, en cada hoja se sueldan por debajo tres abrazaderas *ab* por cada correa, en las que abrochan igual número de manecillas de hierro *mn* que se clavan á dichas correas cuando éstas son de madera.

Si la armadura es metálica, los hierros angulares, cuando se disponen como en la *fig. 1429*, facilitan esta operación, pues basta soldar á las planchas unas manecillas *mn* cuya parte *an* engancha en el brazo del hierro angular; y cuando éstos están dispuestos como en la *fig. 1430*, se conservan las abrazaderas en las planchas y se colocan en los hierros unas grapas *prg* que se amoldan á la forma angular de aquéllos, en los que se enganchan

por los extremos *g*, *p* y presentan un saliente *ar* destinado á entrar en las abrazaderas de las planchas.

Para formar el caballete de la cubierta se sueldan primeramente al extremo de las últimas planchas unas bandas de cinc *ao*, *ao* (*fig. 1431*) que se doblan por la orilla superior hacia uno y otro faldón, en cuyas dobleces emborda una cubrejunta *C*, según se ve en detalle en la *fig. 1432*.

Estas cubiertas, aunque más caras que las formadas con planchas lisas, facilitan la salida de las aguas pluviales y son favorables á la conservación de la madera, pues se establece una corriente de aire entre los listones y la ondulación superior que se opone á la acción de la humedad.

1303. Las tejas hechas con planchas de cinc (*figs. 1433* y *1434*) se colocan sobre listones y mejor sobre entablado que recibe y sostiene la teja en todas sus partes y permite el peso de los operarios sin causar ningún desarreglo ni detrimento, cualquiera que sea el grueso del cinc. Se hacen de recubrimiento en parte ó de traslapo y se fijan con grapas, de manera que una vez clavadas, forman un todo absolutamente solidario. Se dispone primero una banda de cinc, de plomo ó de palastro en la arista inferior donde emborda la primera fila de tejas, las cuales se clavan por su orilla superior en el enlistonado correspondiente ó en la tabla; después la segunda fila emborda por su borde inferior en la anterior, y las tejas se clavan como las de ésta, por arriba, haciéndolas correr de abajo arriba y así sucesivamente hasta la cumbre, donde se cubre el alomado con bandas de cinc ó plomo, como en las cubiertas de pizarra, ó embordando en las tejas de la última fila. Si el enlistonado es de hierro, se fijan las tejas en él doblando las patas de su orilla superior ó empleando corchetes de alambre galvanizado.

En las tejas planas de cinc que tienen forma de rombo (*fig. 1435*), están doblados sus bordes, dos de ellos *ac*, *cb* (*fig. 1436*) hacia arriba, y los otros dos *ad*, *db* hacia abajo, teniendo además dos agujeros en la parte superior *c* para fijarlas á la tablazón. Las dobleces se hacen con una máquina que las encorva, de manera que una vez colocadas estas tejas presentan un contorno redondeado de un centímetro, que despiden perfectamente las aguas pluviales sin dar lugar á la capilaridad.

Para su colocación se empieza por fijar con clavos en el borde inferior de la cubierta (*fig. 1435*) una banda de cinc *tt* con una pestaña de 2 á 3 centímetros de anchura que puede suplirse con la ca nal maestra. En ésta ó en la pestaña de la banda s embordan medias tejas (*fig. 1437*) y se sujetan la tablazón con clavos, de manera que cada dc contiguas presenten sus rebordes salientes para qu en ellos emborden tejas enteras, que á su vez se cla van á la tabla por su ángulo superior, continuándc se de este modo hasta el caballete donde hay qu terminar con medias tejas (*fig. 1438*), cuyo boı de *bq*, doblado hacia arriba, se sujeta con grapa clavadas á la tablazón, embordándose todo con ur banda de cinc que abraza también las grapas y pe tañas de las tejas del faldón opuesto, constituyend una tapajunta de cumbre. Bandas análogas se en plean en todas las aristas salientes.

El sistema anterior está mejorado (*fig. 1439* con una uña *a* llamada obturador que emborda co las dobleces planas de los costados en su encuer tro en el ángulo superior y que se fija por dos cl vos ó cuatro, según las dimensiones de la tej Otras dos uñas *c*, *c*, llamadas de costado, igua mente fijas por tres clavos en la tablazón, se apo yan sobre las dobleces planas é impiden también levantamiento de las tejas sin poner obstáculo á libre dilatación.

La pendiente que se da á las cubiertas con est clase de revestimiento es de 20 á 22°, es deci 0,36 á 0,40 por 1,00.

La industria presenta tejas de cinc estampada en forma de escamas, que producen muy buen efe to, según se ve en la *fig. 1440*, y también curva que se engrapan unas con otras. Se colocan sob listones clavados en sentido de la pendiente de cubierta, á los que se sujetan aquéllas por su par superior, cubriéndose las juntas de unas canales co otras por medio de cubrejuntas sobre listones, con en las planchas lisas.

Son estas tejas de muy buena aplicación donc la cubierta tiene poca inclinación y principalmen sobre superficies curvas, á las que se amoldan m jor que las planas.

Después de colocadas, se acostumbra á pintar la tejas de cinc con lápiz-plomo, que se prepara diso viéndolo en vinagre común en la proporción de de litros de este ácido por cada kilogramo de aque Se aplica con una brocha, y para que coja mejor pintura, se procura hacerlo en tiempo seco, pe después de haber estado la cubierta á la intempe rie durante algún tiempo. Esta pintura da á la cu bierta un color más oscuro que el del cinc.

1304. REVESTIDO CON HOJAS DE PALASTRO.—Para que el palastro pueda emplearse con éxito en el revestimiento de cubiertas, debe prepararse contra la oxidación metiendo las hojas, después de templadas al fuego, en un baño de brea, aceite de ballena, asfalto, etc. Cuando están ya colocadas se les dan dos ó tres manos de pintura al óleo.

El palastro, recubierto de una capa de cinc (es decir, galvanizado) que se usa por lo común, es el mejor procedimiento para su conservación, pero tiene la desventaja de que, siendo distinto el coeficiente de dilatación en la lámina de hierro que en la capa de cinc que la cubre, ésta se descascarilla y aquélla se agujerea por efecto de la oxidación consiguiente al quedarse descubierta.

Las hojas de palastro destinadas al revestimiento de las cubiertas se hacen planas ú onduladas con un grueso de un milímetro las primeras y de $^4/_{10}$ á un milímetro las segundas.

1305. La colocación de las hojas planas es por fajas horizontales ó inclinadas, clavándose, como las de plomo y cinc, por el borde superior cuando se colocan por fajas horizontales, cuyos clavos deben estar galvanizados y quedar cubiertos por la faja superior. Como no pueden doblarse, sus uniones se han de traslapar y sujetar con pasadores que se remachan para que cubran los agujeros.

En Rusia se emplean hojas planas de palastro de $0^m70 \times 0^m50$ y 0^m0008 de grueso, que descansan inmediatamente sobre listones de 6 á 8 centímetros de escuadría colocados horizontalmente y distantes de 18 á 20 centímetros. El extremo de la hoja inferior queda traslapado por el de la superior, y los costados se unen por medio de una doblez, sujetándose con grapas de palastro clavadas en los listones. Se preservan de la oxidación dándoles muchas manos de pintura al óleo verdes, rojas, azules ó grises, que se cuida de renovar á menudo.

1306. Las hojas de palastro acanaladas ú onduladas presentan una gran resistencia y rigidez, permitiendo suprimirse la tablazón y los cabrios en su empleo, pues sólo necesitan apoyarse en las correas, las cuales se pueden colocar á 2^m50 en la parte recta y hasta 6^m si se cimbran, adoptando entonces grandes ondas. Es preciso en este caso que los puntos de apoyo sean sólidos para que resistan el empuje y remachar unas hojas con otras por sus orillas de unión con objeto de que no formen más que una pieza. De este modo se han hecho cubiertas de 15 metros de luz sin ninguna pieza intermedia que sostuviera las planchas y con sólo darles el grueso conveniente.

Las hojas de palastro acanaladas tienen de 1^m80 á 2^m40 de longitud por 0^m60 á 0^m85 de anchura, variando la amplitud y profundidad de las ondas.

Se juntan á traslapo unas sobre otras como las de cinc y se retienen en las correas para que no resbalen, fijando directamente la plancha en ellas por su orilla superior *(fig. 1441)* ó sea debajo del traslapo ó empleando manecillas *mn (figura 1442)*. Las uniones en sentido de la pendiente deben verificarse en la parte convexa *(fig. 1443)* para que las aguas escurran hacia las canales y no puedan salirse por la junta. Esta unión se asegura con remaches ó con pernetes galvanizados cuando las planchas están preparadas de este modo, pero cuidando de colocar una planchuela de plomo entre la cabeza del pernete y el palastro para evitar que con el contacto directo del hierro con el cinc se produzca un elemento de pila al que no resiste mucho tiempo el palastro. En la figura aparecen dos rodajas, una de plomo debajo *aa* y otra de hierro encima *cc*, cuyo procedimiento se ha adoptado en el Hipódromo de París.

1307. Se emplean también en cubiertas las tejas de palastro galvanizado de la forma indicada en la *fig. 1444*, colocándolas sobre filas horizontales de listones ó hierros en los que se enganchan mediante unos corchetes que llevan estañados en su cara inferior. Los listones se separan lo necesario para que las tejas puedan traslapar unas sobre otras.

1308. REVESTIMIENTOS CON HOJA DE LATA.—En algunos puntos de Prusia y en Polonia ha estado en moda emplear la hoja de lata, que conserva bastante tiempo su brillantez; pero este material se oxida pronto y no debe echarse mano de él sino en casos excepcionales, aun pintándolo al óleo, que lo preserva bastante.

Se colocan sobre tablazón clavándolas por la parte superior y embordándolas por los costados con las adyacentes. Su orilla inferior se sujeta por medio de corchetes clavados por un extremo en la tablazón y doblados contra la hoja para fijarla, como los de la *fig. 1403* que se usan para el plomo.

1309. REVESTIDO CON TEJAS DE FUNDICIÓN.—Se hace el revestimiento de las cubiertas con tejas de hierro fundido, pero son pesadas y por consiguiente caras, con el inconveniente además de que casi todas están alabeadas y quedan se-

paradas por sus uniones dejando paso á las aguas.

1310. REVESTIMIENTOS DE COBRE.— Este metal ofrece sobre todos los demás mayor ductilidad y resistencia, pudiendo por lo mismo emplearse de menos grueso y excusarse la pintura, porque la costra de cardenillo que la humedad forma en su superficie le sirve de barniz preservativo. Sin embargo, las hojas muy delgadas tienen el inconveniente de que el laminado produce algunas grietas ó pelos, imperceptibles cuando se colocan, pero que aparecen con la contracción que los fríos las hacen sufrir. Se evita esto estañándolas por una ó por las dos caras, pero es preferible adoptar mayor espesor. Á pesar de todo, su elevado precio hace que el cobre se emplee rara vez.

La colocación de las hojas de cobre se verifica como las de plomo ó cinc, sujetándolas por su parte superior con tornillos y por la inferior con dos corchetes en cada una, soldados á su cara inferior y que se enganchan en el canto de la hoja precedente, reteniéndose contra ella. Por sus lados no tienen generalmente listones, empleándose unas manecillas *M, M (fig. 1445)* clavadas en la tablazón y que sujetan el embordado ó doblez de las láminas, para que éstas no se levanten. Este embordado se defiende con una tapajunta *C*.

En la Catedral de San Dionisio (París), cuya armadura es de hierro, las hojas están colocadas de otra manera. Los contrapares ó cabrios son barras tableadas de 65 × 24 $^m/_m$ distantes 50 $^c/_m$ de eje á eje y enlazadas por pernos horizontales igualmente espaciados á 0^m50. En el medio de cada uno de éstos engancha un corchete soldado á la plancha de cobre para oponerse á su levantamiento, y cada hoja cubre á la inferior en 10 $^c/_m$, estando sostenida por dos manecillas soldadas á ella de manera que pueden libremente contraerse y dilatarse. Las uniones laterales ó en sentido de la pendiente, forman nervios salientes, observándose otros menos pronunciados encima de los cabrios, en razón á que éstos sobresalen de los pernos de enlace.

Al hacerse las soldaduras, debe tenerse mucho esmero, pues por esta parte suelen perecer las cubiertas metálicas ó dar lugar á frecuentes reparaciones.

1311. MEDIOS DE HACER ABRIGADAS LAS CUBIERTAS.—Se ha procurado interceptar el paso al frío y al calor á través de las cubiertas, sin que pierdan su ligereza, estableciendo espacios limitados por tablas en la parte inferior y superior de las correas ó de los cabrios, cuyo hueco se re llena de serrin, casca ó corteza de árboles, etc., per evitando en este caso el empleo de la pizarra y d los materiales filamentosos en el revestimento, por que dejarían paso á la humedad y ésta pudriría e relleno.

Se consigue interceptar bastante el calor y el frí estableciendo por la parte inferior de los cabrios de las correas, un cielo raso de los formados co cañas ó listones y mortero para que resulte un es pacio de aire incomunicado con el del edificio y en cerrado entre este techo y la cama de la teja ó de revestimiento, la cual debe reunir también la mis ma condición del cielo raso de no dejar paso a aire; para lo que, si es de tabla, ha de cubrirse co una tortada de barro ó de mortero antes de asenta el revestido.

En ciertos talleres donde la cubierta es el únic techo, se consigue abrigarlos por el siguiente pro cedimiento, si la altura ó escuadría de los cabrio lo consiente: se hace por la parte inferior de lo cabrios *C, C (fig. 1446)*, el cielo raso *aa* y á lo costados de aquéllos se clavan unos listones par descansar en ellos un enlatado de desperdicios d tabla, que se cubre con una tortada de mezcla par recibir un relleno de serrin y yeso que se enrasa unos 5 $^c/_m$ de la cara superior de los cabrios, sobr los que va el revestido de la cubierta, quedand así un espacio de aire que resulta incomunicad con el de la parte inferior ó sea con el que ha que dado entre el cielo raso y el relleno.

Se consigue también la capa de aire de aisla miento, estableciendo un cielo raso independient de la armadura de cubierta, colocándolo por deba jo de ésta; y cuando los cuchillos son de enrejad puede conseguirse el espacio de aire, fijando el cie lo raso en la cabeza inferior de los pares.

Cuando las cubiertas están sujetas á la trepida ción que causan las máquinas, debe procurarse qu los rellenos de materias sueltas, como el serrin, n puedan resbalar, pues si así sucede, se acumula en la parte inferior de la cubierta. Esto puede evi tarse, dividiendo el relleno en espacios ó comparti mientos horizontales por medio de madera ó d alomados de mezcla para que el relleno de uno n pueda pasar al inferior.

Las vidrieras de estas cubiertas deben ser doble como ya se indicó (1252), si se quiere que por ella no penetre el calor ó el frío.

ARTÍCULO XVIII

De las azoteas.

1312. REGLAS GENERALES.—Son, como se sabe (1019), unas cubiertas de poca pendiente (3 á 10 por 100), dedicadas á solaz de los moradores de una casa, que disfrutan en ellas de buenas vistas y de aire fresco y puro.

Al proyectar y construir una azotea, es preciso tener presente, que si está expuesta al Norte y no es bañada por el sol, se reconcentra la humedad en los materiales de su solado cuando es de fábrica y no pudiendo evaporarse cria una especie de moho que ensancha poco á poco los poros de la fábrica y la hace esponjosa y permeable.

Las vertientes de una azotea se subordinan á los tubos de bajada de las aguas, cuando aquélla da á la fachada de una casa, sea interior sea exterior.

Como las azoteas son unos pisos al aire libre, los materiales con que se revisten no pueden tener traslapos muy salientes, porque embarazarían el uso. El peso permanente que carga sobre los cabrios, hace qne éstos se pandeen con el tiempo, aun cuando sean de hierro, y es preciso por lo tanto no escasear su número y resistencia. Aun así, el vicio que toma la madera con los cambios atmosféricos y las dilataciones y contracciones del hierro, producen movimientos que desunen los materiales y se traducen en grietas por donde se filtra el agua á la parte inferior. El solado debe presentar, pues, completa impermeabilidad, al mismo tiempo que la elasticidad necesaria para no resquebrajarse ó desunirse los materiales y de aquí la gran dificultad en la construcción de las azoteas y que haya casi tantos métodos para ello cuantas son las localidades donde se acostumbran establecer.

1313. AZOTEAS SOBRE BÓVEDAS.—Antes de hacer el solado de una azotea ó terrado sobre una bóveda, es preciso dejar á ésta que haga su asiento, el cual se verifica generalmente por los costados; y si no es posible la demora debe reconocerse al cabo de algún tiempo después de construida y hacerle las reparaciones convenientes.

El solado sobre una bóveda para que sirva de azotea, exige que aquélla se trascargue y revista de la manera que se ha hablado en el párrafo 1268, empleando para ello baldosas ó ladrillos que sean impermeables, sentados sobre un buen lecho de mortero hidráulico con el que deben tomarse bien las juntas. Si han de emplearse losas, puede hacerse un suave escalonado *(fig. 1447)* cortando ó labrando las juntas de manera que atajen el paso al agua ó que ésta encuentre dificultades para retroceder, tomándolas de todos modos con mastic. Debajo de las juntas que van en sentido de la pendiente, conviene disponer una canalita *C (fig. 1448)* de unos 2 centímetros de diámetro, á fin de que las aguas que puedan filtrarse vayan por ella á escurrir en la canal maestra *A (fig. 1447)*. Para mayor seguridad pueden hacerse algo levantados los bordes de las juntas con una especie de alomado *B (figura 1448)*. Se emploman también las juntas de las losas, pero como el plomo se contrae al enfriarse, hay que apretarlo bien con un punzón y un martillo hasta que llene bien la junta. La impermeabilidad de un terrado puede conseguirse extendiendo una capa de hormigón para solado, tomando para ello las precauciones indicadas en su lugar (984) y empleando morteros hidráulicos. Del mismo modo pueden hacerse asfaltados donde el clima sea húmedo y frío, pues el calor los ablanda, y aunque no les quita la impermeabilidad los hace impropios para pisar sobre ellos (174).

1314. AZOTEAS FORMADAS DE CAPAS HORIZONTALES DE LADRILLO.—Con las cales hidráulicas ó cementos se han hecho azoteas impermeables formadas de capas de ladrillo, como la construida hace años en Berlín y representada en la *fig. 1449*, en la que se emplearon morteros compuestos de una parte de cemento de Portland y tres de arena. Las columnas *P* son octogonales de ladrillo, estando unidas al muro, las adosadas á él, con cemento solamente. Los arquitrabes están formados sobre arcos de ladrillo á hoja *B, B*, que estriban en cada dos columnas. Á cada paramento de estos arcos se ha añadido un refuerzo consistente en tres hojas de tejas planas *A, C, D, A, C, D* unidas entre sí con cemento. Los arcos se han trascargado con cascote y cemento hasta enrasar con los cantos superiores de estas seis hojas. El piso de la azotea se ha formado con dos capas sobrepuestas de ladrillo *ac* y *bd* sentado de plano y unido con cemento, la primera de las cuales tiene las filas oblicuas á los arcos y la segunda paralelas á ellos. Esta obra se revistió después con una capa ó revoque de la misma mezcla *M, M*, formando una losa monolítica.

Por el mismo sistema se han construido ya varias azoteas con buen resultado, estableciendo tres

ó cuatro capas de ladrillo sentado de plano sobre viguería de hierro y aun de madera cuando ésta presenta gran rigidez por su fuerte escuadría. De este modo se forma una especie de losa artificial que descansa sobre la viguería y puede considerarse como empotrada por su perímetro en las paredes que limitan la azotea. Para su ejecución se coloca un entablado ó cimbra plana provisional á medio centímetro por debajo de las cabezas de las viguetas y se recubre de arena ó tierra hasta enrasarla con ellas. Sobre esta cama, que debe presentar la misma inclinación de la azotea así como la viguería que le sirve de caja, se sienta en seco la primera capa de ladrillo delgado tomando con cemento las juntas. Sobre esta capa se extiende una tortada de mortero hidráulico para sentar la segunda solería de ladrillo, y sobre ésta la tercera y la cuarta con la correspondiente capa de mortero de cemento intermedia, teniendo cuidado de que las juntas de unas vengan en diversa dirección y lo más encontradas posible con las de las inferiores. Una vez concluida esta losa monolítica, se quita el entablado que le ha servido de cimbra y se toman con cemento las juntas de la cara inferior y superior *(a)*.

1315. El envigado, en lo acabado de explicar, tiene la pendiente de la azotea, presentando por debajo el feo aspecto de un techo inclinado, y para evitar el falso techo horizontal que exige este defecto, se colocan las viguetas á nivel como las de un piso, y sobre ellas se levantan tabiques de panderete *P,P (fig. 1450)*, cuyo enrase superior tenga la inclinación de la azotea. Estos tabiques, en su parte más alta, no deben tener más de 30 á 40 centímetros sobre las viguetas, llegando á 0 si la losa artificial monolítica apoya en los puntos de desagüe sobre la misma vigueta. Conviene forjar estos tabiques con mezcla hidráulica para asegurar su duración y empotrar sus extremos en los muros, acuñando bien los ladrillos en este punto para que cada uno forme una especie de arco capaz de sostenerse por sí sólo, aun cuando desapareciera la vigueta en que descansa, á cuyo objeto contribuye la pequeña curvatura que tienen las viguetas de suelo (911).

1316. AZOTEAS DE CEMENTO Y HIERRO.—Los suelos de hormigón hidráulico ó de cemento, dibujados en las *figs. 719 á 722*, tienen aplicación en azoteas porque proporcionan cubiertas completamente impermeables. Se disponen también viguetas, distantes un metro unas de otras, y sobre ellas se tienden transversalmente varillas de hierro de 5 milímetros de grueso colocadas á 10 centímetros de distancia, las cuales se envuelven en una capa de mortero de cemento y arena de 45 milímetros de grueso *(a)*.

1317. AZOTEAS SOBRE MADERA. Es muy delicada la construcción de una azotea cuando su solado descansa sobre madera, por la dificultad de armonizar sus dos elementos principales: entramado y superficie impermeable; muy flexible el uno y muy rígida la otra, de manera que cuando la madera cede al peso y al tiempo, la capa impermeable se agrietea y por lo tanto deja paso al agua y se producen goteras.

El método más comunmente seguido, pero no el mejor, consiste en establecer un segundo solado encima del ordinario de los suelos, sentando los ladrillos ó baldosas á juntas encontradas con los de debajo sobre una tortada de mezcla hidráulica y tomando después las juntas con buen mortero de cemento ó con mastic resinoso (244). Conviene que las juntas entre unos y otros ladrillos tengan un centímetro á lo menos de anchura para que puedan tomarse bien rellenando el hueco y evitar que el agua se filtre entre ellos y la mezcla.

Las baldosas ó ladrillos que se emplean en el solado de una azotea, conviene que sean de buena calidad y muy bien cocidos para que no se desmoronen ó deshagan con el contacto repetido del agua. Tampoco es bueno que sean muy lisos porque la unión íntima del cemento con el ladrillo depende de la porosidad de éste, cuya unión, por

---

(a) Las experiencias practicadas en Málaga por los ingenieros militares, dan 3513 kilogramos de resistencia á la ruptura por metro superficial en losas cuyos apoyos distaban 0^m75 y que tenían tres gruesos de ladrillo (0^m10), por manera que pueden cargarse con una carga de $\frac{3513}{20} = 175{,}6$ kilogramos, además del peso de la losa. Si ésta se forma de cuatro capas de ladrillo con un grueso de 14 centímetros, la carga puede ser de 343 kilogramos, y si las distancias de los apoyos son de 0^m50 ó de 1^m00, sus resistencias serán:

Para losas de 14 c/m 773 k en luces de 0,50 y 193 k en las de 1^m
Para „ de 10 c/m 394 k en „ y 98 k en las de 1^m

(a) Por experiencias practicadas se ha visto que estos suelos pueden resistir un peso de 1763 kilogramos por metro cuadrado, y si las varillas son de 6 á 10 milímetros de grueso y se colocan á la distancia de 6 centímetros unas de otras dando 5 centímetros de espesor á la capa envolvente, resisten hasta 2287 kilogramos.

otra parte, aumenta la resistencia. Además del retundido esmerado de las juntas, conviene dar al solado un baño de cemento para hacer más impermeable la superficie. De todos modos, estos materiales, una vez saturados de agua la dejan pasar lo bastante para que la pudrición de las maderas sea rápida y aun para que las habitaciones cubiertas por la azotea sean malsanas: de aquí la necesidad de sentar este material sobre mortero hidráulico que aumente su impermeabilidad.

En Badajoz ha dado buenos resultados extender encima del segundo solado una capa de mortero de cal hecho con arena y heces ó asientos de aceite, cuya mezcla se alisa varias veces hasta que se seca. Dando á menudo manos de cal como para blanquear las paredes, se consigue completa impermeabilidad, debida á que la cal del blanqueo obstruye los pelos ó grietas que el movimiento de la madera está produciendo de continuo. El mismo resultado se ha obtenido haciendo dicha capa con mezcla común de arena y con cal del país, que es algo hidráulica, á la que se agrega una parte de cemento Portland al extenderla.

1318. Sobre la tablazón ó cama preparada para recibir un solado ordinario se asientan con mortero, en algunas localidades, filas de tejas juntas unas á otras formando canales, encima de las cuales se colocan ladrillos para hacer la cama al solado de la azotea, la cual se construye como se ha dicho en el párrafo anterior.

Las tejas dibujadas en la *fig. 32* pueden adoptarse también colocándolas inversamente. Las cobijas son entonces canales y sobre ellas se sientan las otras tejas hacia abajo, presentándose el solado según fajas planas *aa* de 24 centímetros de anchura, separadas 3 centímetros, y que dejan escurrir las aguas á las canales formadas por las cobijas, sin que la boca de dichos 3 centímetros que éstas presentan sea un inconveniente para que pueda pisarse encima sin riesgo de introducir el tacón del calzado.

Las canales en estos dos casos se disponen en sentido de la inclinación ó pendiente de la azotea para desaguar fuera del edificio.

1319. En algunos puntos del Norte América se hacen azoteas con pizarra disponiendo sobre el entablado una capa de mortero compuesto de alquitran de hulla y cemento de Portland, á cuya mezcla se añade una pequeña cantidad de cal para neutralizar el ácido del alquitran. Si no hay cemento se emplea polvo fino de pizarra. Así que el mortero tiene consistencia pastosa para adherirse á las pizarras se extiende sobre el entablado y se sientan éstas encima de modo que los cantos horizontales de cada pieza estén separados 5 milímetros de las contiguas y los inclinados al tope. Las primeras juntas son continuas y alternadas ó en escalonado las inclinadas.

1320. En Sevilla y otros puntos, sobre el enladrillado que cubre los espacios de los cabrios se echa una capa de escombros y encima se construye con mezcla un enladrillado que sirve de cama á una tortada de mortero, en la que se sienta el solado de baldosa, cuyas juntas se toman perfectamente.

En Cadiz, donde las casas tienen generalmente azoteas en una parte de su cubierta, se forma el suelo de éstas, clavando alfajías ó sean listones sobre los cabrios y colocando encima baldosas ó ladrillos, cuya cara inferior es mayor que la superior, estando además bien cortados sus cantos para que ajusten entre sí y puedan girar algo, sin romperse, cuando hace movimiento la madera. Los ladrillos se raspan por su cara inferior para que resulten planos y ajusten perfectamente sobre las alfajías y se recorren por sus aristas inferiores, á fin de que no queden claros entre las juntas. Sobre esta capa de ladrillos se tiende una tongada de buen mortero de cal grasa, que no tiene la rigidez del hidráulico y se amolda sin romperse á todos los cambios ó movimientos del solado. Encima de esta capa se tiende por capas delgadas, ligeramente apisonadas, una tongada de barro de 8 á 10 $^{c}/_{m}$ de espesor, que sirve de cuerpo elástico para que la flexión de la madera no agrietee el solado superior de baldosa, la cual se sienta sobre una capa de mortero hidráulico de 2 á 3 $^{c}/_{m}$ de espesor. El barro no debe ser demasiado arcilloso, para lo cual, si es preciso, se le agrega una parte de arena, pasando luego la mezcla por un cedazo fino. Por este sistema, cuando el barro se humedece por agrietarse el solado superior y dejar paso á la humedad, se hincha y cierra el paso al agua, no llegando ésta á la capa inferior del ladrillo. Pero el principal objeto que llena la masa de barro, según el ingeniero militar D. Rafael Cerero en su monografía sobre las azoteas, es «impedir que los ligeros movimientos del entramado, debidos á las cargas accidentales que obren sobre la azotea, se transmitan á la solería superior, ó que por lo menos si llegan, sean ya muy

disminuidos. En efecto, según se ha visto, la solería inferior por el corte de los ladrillos que la forman y naturaleza del mortero que la une, está perfectamente dispuesta para seguir siempre adherida al entramado en sus diversos movimientos, sin que resulte fractura en la superficie. Además, las dos capas de mortero que envuelven el barro por encima y por debajo, se adhieren á él, formando la superior una superficie rígida de una pieza con la solería de ladrillo; de aquí resulta que cuando se doble el entramado y ceda la solería inferior, arrastrando la parte del barro que está en contacto inmediato con ella, no se transmita este descenso con igual intensidad en todo el espesor, pues, por una parte, las diversas tongadas que lo constituyen se van encorvando progresivamente menos á medida que están más elevadas, y por otra parte, la solería superior retiene por su rigidez la primera adherida al mortero, dando por resultado este hecho, que dicha masa incoherente aumente ligeramente de espesor en el centro del claro de la azotea, disminuyendo un poco su densidad, aunque conservando siempre la suficiente resistencia para sostener el pavimento y la carga que soporta. Al cesar la acción del esfuerzo adicional que produjo la flexión, recupera el entramado su posición primitiva, y la masa incoherente vuelve de nuevo á comprimirse, quedando como antes de actuar aquél; obra, pues, como un muelle destinado á impedir que los movimientos ó vibraciones de la madera se transmitan al plano superior con intensidad suficiente para poderlo rajar, compensando de este modo la diferencia de las dos partes distintas de que se compone la azotea».

«De aquí se deduce, desde luego, la conveniencia de que al construir un edificio se coloquen lo más pronto posible todas las partes de dichas cubiertas, excepto la solería superior, que no debe ponerse hasta el fin de la obra, con el objeto de que ya se hayan efectuado en la madera todos los movimientos debidos á la flexión producida por la carga permanente y al asiento de la obra; quedando la solería solo expuesta á los efectos de las accidentales, que son de mucha menos intensidad».

Por último, si la solería fuera del todo impermeable, bastaría emplear para la capa intermedia una sustancia pulverulenta que amortigüe los efectos de la flexión.

1321. En Nápoles se hacen los solados de azoteas del siguiente modo: se mezclan, muchos días antes, fragmentos menudos de piedra pómez y de toba volcánica con cal apagada reducida á lechada y se bate varias veces, repitiendo esta operación al día siguiente y por tercera y cuarta vez, hasta que presenta bastante consistencia y no despide calor. El área por solar se prepara con una capa de 5 $^c/_m$ de espesor, formada de piedra menuda en seco, sobre la cual se tiende el hormigón anteriormente descrito en un grueso de 20 $^c/_m$, que se apisona hasta reducirlo á 15; el apisonado se efectúa 24 horas después de extendido el hormigón, por medio de grandes pisones de madera, marchando siempre en un mismo sentido; al día siguiente se apisona otra vez en sentido perpendicular al anterior, empleando un pisón más ligero, repitiendo la operación en los días sucesivos hasta que la obra haya adquirido una gran firmeza. Esto conseguido, se extiende encima una capa de tierra, no quitándola hasta dos meses después ó más, para que la desecación sea lenta y no se produzcan grietas en el solado.

En algunas partes de Italia y particularmente en Venecia, se procede de otro modo. Se extiende una capa de 10 $^c/_m$ de espesor, formada con cal grasa y puzolana natural ó artificial, la cual se apisona como en el anterior procedimiento. Después se aplica otra capa de 4 $^c/_m$ de la misma clase de mezcla aunque más grasa, y se recubre inmediatamente con trocitos de mármol de forma irregular, apisonándose luego hasta que todos ellos queden embebidos en el mortero. Á los diez ó doce días, se procede al bruñido de esta superficie, teniendo cuidado de rejuntar con mortero igual al anterior las hendiduras que se abran. Se forma de este modo una especie de brecha artificial, empleando unas veces mármol del mismo color y otras de varios, ya mezclados, ya presentando compartimientos ó dibujos más ó menos complicados que hacen resaltar las diferencias de coloración.

Los ingleses han modificado el método italiano al adoptarlo en la isla de Malta. Sobre el entramado clavan un entablado de unos 4 $^c/_m$ de espesor *aa (fig. 1451)* y encima extienden una tongada de hormigón ordinario, dispuesto en planos inclinados *vc*, para lo cual su espesor varía desde 6 $^c/_m$ que tiene en las partes más delgadas ó canales *c* hasta 20 $^c/_m$ que le corresponden en la cúspide *v* de los alomados. Este hormigón se cubre con una capa de mortero hidráulico compuesto de puzolana y de 2 á 3 $^c/_m$ de espesor, la cual adquiere gran dureza al

cabo de poco tiempo. Las canales *c* dispuestas en el sentido de la pendiente de la azotea, desaguan en otra normal á ellas que cae sobre la pared para conducir las aguas fuera del edificio. En este sistema, la humedad del hormigón ha de descomponer la tabla en que reposa, y la carga de hormigón sobre los cabrios, está desigualmente distribuida por la gran diferencia que hay de espesor. Esto podría remediarse empleando maderas de diferentes escuadrías ó colocándolas á distintas alturas, para que el grueso del hormigón fuera uniforme. De todos modos, la rigidez del hormigón ha de producir grietas de difícil reparación, porque una vez dividida una obra monolítica, se hace casi imposible su perfecto enlace ó unión.

1322. Para impedir que el agua se filtre por la unión de la azotea con las paredes, se coloca una fila de ladrillos llamada *zabaleta (fig. 1452)*, que puede tener la disposición *A* ó la *B*. La primera se reduce á colocar el ladrillo de plano, embutiendo en el muro la mitad de su anchura, y la segunda á colocarlo de canto adosado al muro y formando un ligero talud. En ambos casos, se emplea mortero hidráulico y se toman bien las juntas.

1323. Por lo dicho hasta aquí se comprende que debe buscarse la mayor rigidez posible al entramado, empleando maderos de fuerte escuadría ó tablones colocados á poca distancia unos de otros. En este caso, debe procurarse que no puedan alabearse lateralmente, colocando de metro en metro un acodalado transversal de madera muy bien acuñado, que uniendo fuertemente todas las piezas, contribuya también á aumentar la rigidez del entramado, puesto que reparte las cargas accidentales entre mayor número de tablones. El empotramiento de los maderos de suelo, contribuye también á dar mayor rigidez al entramado y conviene por lo tanto que las cabezas se fijen en el espesor de los muros para que no tengan movimiento.

Una condición muy importante que debe tenerse presente, además, al construir una azotea en que entre la madera, es la de procurar la ventilación de ésta para impedir que la humedad se condense debajo y combinada con la alta temperatura que los rayos del sol transmiten, se active y apresure la pudrición de la madera. Por esto, cuando se construye un cielo raso debajo, deben practicarse agujeros en las paredes para que el aire se renueve en la cámara intermedia entre el suelo de la azotea y el cielo raso.

1324. AZOTEAS DE SUELO METÁLICO. —Como en cubiertas metálicas, la dilatación y contracción son aquí dos grandes inconvenientes, pero aumentados en las azoteas con la necesidad de que la superficie no presente resaltos ú obstáculos á la libre circulación de las personas. Los metales que se emplean hasta hoy son el plomo y el cinc.

Para emplear el plomo, se prepara el piso con un entablado y sobre éste se forma un solado de ladrillos, matando los ángulos de encuentro con el antepecho ó murete inferior al que acuden las aguas por medio de una zabaleta, cuyos ladrillos están igualmente inclinados sobre ambos lados formando un chaflán. El enladrillado se divide en fajas ó zonas paralelas al caballete y del ancho de las hojas ó planchas reducido por su emborde, limitándolas con listones de 2 á 3 centímetros de altura clavados á la tablazón. Entre estos listones se tiende y apisona una capa de arena que enrase con ellos y se colocan las planchas empezando por el lado más bajo ó del pretil, de modo que recubran una parte de éste y el chaflán ó zabaleta, viniendo á fijarse con clavos de cinc en el primer listón, pero dejando á la cabeza una pestaña de 2 á 3 centímetros de anchura. Las cabezas de los clavos se cubren con una gota de estaño después de bien remachadas y luego con la pestaña dicha de la plancha que se encorva para embordar con la superior, cuyo borde se dobla en sentido inverso para enlazarse como corchete. Esta hoja se clava por su orilla superior en el listón inmediato y así se continúa hasta la línea superior de la azotea á la que debe corresponder el medio de una plancha para enlazar ó embordar con la de la vertiente opuesta. Si esta línea superior da contra una pared, se defiende su encuentro de la manera ya explicada al tratar de las cubiertas de cinc, como indican las *figs. 1425 á 1427.*

Permite este sistema la dilatación en sentido de la pendiente pero no la transversal á ella y se puede modificar haciendo un poco alargados los agujeros de las planchas y poniendo clavos de cabeza ancha algo salientes, sin cubrir con soldadura, para que las planchas tengan juego. En este caso, en la arista superior ó cumbrera pueden terminar las hojas y doblar los bordes de las de los lados ó vertientes para embordar en ellas una banda metálica en forma de tapajunta, sin hacer uso de clavos para que sea libre la dilatación y contracción.

Puede dividirse el piso con los listones formando cuadros de un metro de lado próximamente, una de

cuyas diagonales está en la máxima pendiente de la azotea. Entonces los bordes del ángulo superior se doblan hacia arriba y los del inferior hacia abajo para embordar unas hojas con otras, recubriendo las superiores á las inferiores: los clavos sujetan los lados del ángulo superior de cada plancha como en el método explicado primeramente. Por este sistema se aminoran los efectos de la dilatación pero se aumenta el número de juntas y la facilidad de dejar paso al agua.

La unión de las hojas con los tubos de bajada ó con los canalones para el desagüe, se debe hacer de manera que los recortes que se practiquen en aquélla al hacer el agujero de salida, enchufen en la boca superior de los tubos estañando además sus uniones.

1325. Con las láminas de cinc, cuyo uso se extiende cada día más, se revisten las azoteas de manera que no dan paso á la humedad. La condición de dejar á este material en libertad para dilatarse y contraerse, exige, sin embargo, precauciones y un sistema especial de colocación que vamos á describir.

En primer lugar, se divide el espacio por cubrir en zonas inclinadas según la pendiente y de 1^m50 ó 1^m90 de anchura de eje á eje, según sean las hojas de 0^m80 ó de un metro, en cuyas líneas divisorias se establecen canales de madera *(fig. 1453)*, de 5 centímetros de altura y 5 de profundidad ó la que se considere necesaria para el desagüe, no variando nunca la anchura.

Estas regueras, que vierten en la canal maestra, en canalones ó en los mismos tubos de bajada de aguas, se revisten de cinc, dando á la plancha la forma detallada en la *fig. 1454* para que en sus pestañas enganchen unos corchetes *cr* clavados de trecho en trecho á la tabla de la azotea y después las planchas. Las canales de cinc pueden ser de una pieza ó de varias pero soldadas entre sí, cortando y doblando sus extremidades como indica la *figura 1455*, con objeto de que la superior *A* se sujete á la pared con las dobleces de las planchas que allí terminan, y la inferior *B* emboque libremente en la canal maestra para que pueda correrse cuando se dilate sin que se deforme ni deje paso á la lluvia.

Las hojas se colocan *(fig. 1453)*, según la pendiente de la azotea, embordando una de sus orillas *ab* con la pestaña de la reguera y soldando la otra *od* con la plancha inmediata, de modo que cada dos hojas componen un paño entre regueras. El extremo inferior de las hojas emborda con la pestaña doblada de la canal maestra, que se dispone como la de una reguera; el superior emborda con la pestaña de la plancha siguiente, soldando además la junta exterior. La unión de las hojas con la pared *P*, se verifica como ya se ha explicado para las *figuras 1425 á 1427*.

Por este sistema de colocación del cinc, queda el piso de la azotea sin más salientes que los pequeños rebordes del ajuste de las planchas por sus cabezas y las regueras resultan casi cubiertas, pues solo aparece un surco de un centímetro, el suficiente para los efectos de la dilatación y para que puedan limpiarse.

Las regueras se cubren también con hojas ó planchas clavadas por sus bordes en la tablazón como aparece en la *fig. 1456*, entrando entonces en la canal el embordado de una planchas con otras.

1326. El piso de una azotea puede en ciertos casos establecerse en escalones que, cubiertos de cinc ó plomo, necesitan ser poco pronunciados; por ejemplo, de unos 6 centímetros, como el que aparece en sección en la *fig. 1457*. En este caso, las hojas metálicas se tienden en sentido de la pendiente, haciendo casi horizontales los tramos *aa*, *cc* comprendidos entre los desniveles *ac*.

1327. Si la azotea es de reducidas dimensiones, pueden suprimirse las regueras ó los escalones y hasta los embordes, soldando unas planchas con otras, siempre que por las orillas de la azotea se dé á las láminas la suficiente holgura para los efectos de la dilatación. En este caso, antes de colocarse las hojas se clavan en el contorno unos listones ó molduras de madera que tengan algún reborde á esquina viva, para asegurar los bordes del cinc por medio de una pestaña corrida. Pueden también emplearse corchetes clavados á la tablazón ó muro y embordar en ellos las hojas en redondo. Si la azotea se halla limitada por paredes, las dobleces del cinc contra éstas han de tener el juego suficiente para las dilataciones, haciéndolas algo separadas como se indicó al tratar de la *fig. 1424*. En caso de que la azotea se halle tan desamparada que los vientos puedan levantar las hojas, hay que soldar en la cara inferior de éstas unas abrazaderas *aa (fig. 1458)*, en las que entren unas manecillas *mn* clavadas á la tablazón, y á fin de que estas piezas cruzadas no produzcan un levante incómodo al piso en las hojas de cinc, se hace en la madera un rebajo donde quedan embutidas.

1328. AZOTEAS REVESTIDAS DE ASFALTO.—Este material tiene aplicación donde el viento y el calor solar no sean muy fuertes para que ni lo resquebrajen ni lo derritan. Se prepara el piso con las tablas ó listones y el enladrillado, teniendo la precaución de embrear ó pintar la madera y de colocar los ladrillos con la cara más áspera hacia arriba. Las juntas de éstos se toman con mastic asfáltico en vez de mortero; y una vez frío, se tiende encima una lona bien tirante que se fija con clavos en dichas juntas y sobre ella se extiende una capa de asfalto por fajas de 50 á 60 centímetros de anchura y 6 milímetros de grueso. Sobre esta capa se extiende otra de 4 milímetros de espesor por fajas normales á las anteriores y se espolvorea por encima con arena de grano fino, cuando aun está caliente, apisonándola con un pisón plano de madera.

La cama de ladrillo puede sustituirse con una tongada de hormigón de 5 c/m de espesor, supriméndose la lona y extendiendo las capas de asfalto cuando el hormigón esté bien seco.

1329. AZOTEAS CUBIERTAS DE CARTÓN.—Hace algunos años se hacen en Alemania revestidos de azoteas con cartón especial fabricado con cuerdas viejas, que se cubren con una mezcla llamada *cemento de madera*, cuya base parece ser la brea mineral ó pez líquida de hulla, á la que se incorporan azufre, resina, negro de humo, carbón molido y alguna otra sustancia.

Se hace el revestimiento de las azoteas del siguiente modo: sobre la tablazón clavada en la viguería, se extiende una capa de arena bien seca, de 5 m/m de espesor y encima hasta 5 capas ú hojas de cartón, que se cubren de cemento con una brocha, cuidando de aplicarlo en caliente para que esté bien fluido y superponer las hojas de cartón antes que se enfríen, con el fin de que se unan bien unas con otras.

ARTÍCULO XIX

Aleros, canales y tubos bajantes.

1330. ALERO.—El revestimiento de las cubiertas y aun la armadura de éstas, avanza ó sobresale fuera del edificio para proteger de la lluvia las fachadas, según habrá podido observarse en muchas de las figuras que se han explicado hasta aquí. Esta parte saliente es lo que se llama *alero corrido*, constituyendo cuando es mucho su vuelo un cobertizo. Otras veces, la armadura de cubierta queda retirada del paramento exterior de la fachada, y ésta termina en una cornisa cuya cubierta desvía las aguas de la pared, tomando entonces el nombre de *alero de mesilla.*

1331. El alero corrido se forma con los mismos cabrios de cubierta y el revestimiento correspondiente que vuela unos 10 c/m fuera de ellos, para defenderlos de la lluvia. Si el revestido es de planchas metálicas, éstas se arrollan, embordando por lo general en una tira de cinc ó de plomo *at, a't'* *(fig. 1459)*, que se clava en las cabezas de los cabrios y se recorta inferiormente por lo general, según un dibujo geométrico continuo, en forma de festón ó guardamalleta. Los cabrios se molduran también más ó menos, como se ve en la figura, y cuando es mucho su vuelo se apean por su extremo con jabalcones *J (fig. 1460)*, uniéndose casi siempre sus cabezas por la guardamalleta que los oculta por su frente.

Para que las aguas pluviales viertan lejos del pie de las fachadas evitando se descarnen ó descubran los cimientos, se acostumbra levantar las boquillas de las tejas ó la arista del alero, empleando una media tabla serrada en diagonal ó á corte de berenjena *ac (fig. 1461)*, cuyo mayor grueso *c* está en la orillla del alero. En los revestidos con grandes tejas planas de las armaduras de hierro, el levante se consigue con hierros de mayor altura ó sección que los empleados en el resto, como ya se indicó al tratar de la colocación de aquéllas (1280). Estos hierros son generalmente angulares de lados desiguales.

Si los cabrios no alcanzan con su longitud á volar fuera de la pared, ó descansan sus extremos en la coronación de la misma *(fig. 1462)*, se sustituyen con falsos cabrios ó ristreles *rs* que se colocan con menor inclinación que los de la cubierta *cd*, consiguiéndose de este modo alejar las aguas del edificio y formando entonces el revestimiento una superficie curva que se llama *silla*, indicada de puntos en la figura.

1332. La construcción de los aleros de mesilla, cuando son de fábrica, se lleva á cabo, como cornisas que son, tomando las precauciones indicadas en los párrafos 612 y 632 para la colocación de sillares voladizos ó construcción de cuerpos salientes.

Cuando estos aleros se construyen de madera, se forman con piezas salientes á manera de modillones ó canes *aa* (*fig. 1463*) sobre las que asienta una carrera de tabla *tt*, asegurándose las piezas *aa* para que el alero no caiga, sea con la solera *S*, donde descansan los pies de los cabrios *C* de la cubierta, sea por medio de grapas *an* acodilladas en *a* para fijarlas en los canes y clavadas en *n* á unos nudillos empotrados en la pared. Las piezas salientes son muchas veces las cabezas de los maderos de suelo cuando hay un piso ó techo á la altura de los arranques de la cubierta, y si la madera no alcanza para dar el vuelo (*fig. 1464*), se empalman los canes á media madera ó á tenaza *at* con los maderos de suelo ó tirantes *T*, consolidándose el empalme con pernos que pueden empotrarse por su extremo *n*, abriéndose al efecto para formar dos garras.

Las piezas voladas ó canes se apean, cuando es mucha su salida ó cuando corresponden al estilo arquitectónico adoptado, por medio de jabalcones como el *bj* de la *fig. 380*, ó de ménsulas ó cartelas, como para las repisas de los balcones (681), acudiéndose muchas veces al recortado ó calado de la madera para producir mejor efecto (*fig. 379*).

Las tejas ó material que ha de revestir la cubierta se hace sobresalir del vivo del alero, según se ha indicado, para que el agua escurra fuera del pie de la pared ó en la canal, y el espacio que queda entre los cabrios y la tablazón en los aleros de mesilla, se rellena de yeso y cascote para que todas las piezas queden sujetas ó empotradas.

1333. CANALES MAESTRAS EN GENERAL.—Esta clase de canales, cuyo objeto es recoger las aguas de una cubierta para conducirlas á donde no perjudiquen á las paredes, fueron ya usadas por los griegos y los romanos, desapareciendo de la construcción durante el Bajo Imperio y no volviendo á emplearse hasta el siglo XII, dándoles desagüe por medio de canalones ó gárgolas de mucha salida para que su caida en el suelo fuera lejos de las paredes, cuyo sistema existe todavía á pesar de ser, por lo general, más molestos que no habiéndolos, pues en este caso cae el agua repartida en toda la línea del alero, mientras en aquéllos va reunida en gran cantidad. Actualmente, en poblaciones donde hay establecido un sistema algo regular de policía urbana, no se consiente ya que las aguas pluviales de los tejados viertan directamente á la calle, por lo molesto que es al transeunte, y se recogen en las canales denominadas *maestras*, de las que descienden á las aceras ó al alcantarillado por tubos llamados *bajantes*, embebidos ó adosados á las fachadas. Las canales son de sección curva por lo general, y se colocan á lo largo de los aleros, unas veces volados fuera de ellos y otras sentados encima.

1334. Se da á la canal una pendiente de 2 á 10 centímetros por metro lineal hacia los bajantes para que las aguas acudan á ellos, disponiéndose estos desagües á distancias de 8 á 20 metros unos de otros y haciendo que la canal tenga un punto alto entre cada dos tubos y un punto bajo en el encuentro con éstos. Pueden también hacerse horizontales las canales cuando son completamente impermeables y de forma perfectamente cilíndrica que no permita el estancamiento del agua. En la práctica, la pendiente se consigue de dos maneras: ó levantando verticalmente uno de sus extremos sin variar la situación de la canal, ó llevando ésta en este punto hacia la cumbre para conseguir en el faldón la altura ó desnivel necesario, según indican las líneas de puntos *xb*, *xd*, de la *fig. 850*.

Las dimensiones transversales que deben darse á una canal, dependen de varios datos: cantidad máxima de lluvia que cae en un metro cuadrado en la localidad; superficie de cubierta que vierte en la canal; dimensiones y pendiente de ésta; diámetro de los tubos bajantes ó de los medios de desagüe y distancia á que se colocan éstos. La Hidráulica da fórmulas para determinar con estos datos la sección que debe darse á una canal ó la cantidad máxima de agua que puede conducirse por ella.

1335. En su construcción, las canales deben tener más elevado el borde que las une con el revestimiento de la cubierta que el exterior, á fin de que si por consecuencia de una obstrucción ó de un aguacero extraordinario hubiera de rebosar el agua, ésta vierta hacia fuera y no se filtre por las paredes ó en el interior. Con el mismo fin, conviene que las canales tengan salida á cierta altura. Además, como ya se ha dicho al tratar de los revestimientos, éstos deben volar por encima de las canales, para dificultar el retroceso del agua por debajo de dicho revestimiento.

Las canales maestras se forman sobre las cornisas ó coronación de paredes, como en la *fig. 1115*, ó encima de los aleros corridos, según se ve en las *figs. 919* y *1012* y aun con las tejas llamadas de caperuza (1280), pero volviéndolas, como se ve en

la *fig. 1465*, para convertirlas en canal. Las canales se sujetan ó suspenden también en las cabezas de los cabrios ó pares *(figs. 916, 931, 964* y *1379)* ó se hacen independientes fijándolas en los paramentos exteriores de la fachada.

1336. CANALES SOBRE CORNISAS Ó ALEROS DE MESILLA.—Cuando las cornisas son de sillería, las canales se abren en estas mismas *(fig. 299)*, cuidando de hacer bien impermeables las juntas de unos sillares con otros, para lo que se emplea el cemento en su asiento y rejuntado ó un mastic equivalente. Es difícil, sin embargo, evitar que con el tiempo no haya filtraciones por consecuencia de los asientos ó movimientos que tienen las obras, aun las mejor construidas, y por lo tanto, se deben revestir las canales con hojas de cinc ó de plomo *(fig. 1466)*, haciendo que no sólo cubra la canal *ncb*, sino que defienda la parte superior de la cornisa, arrollándose la hoja en el vivo *v* de la misma para que el agua que vierte desde *b* á *v* no pueda retroceder y correrse por la cornisa abajo manchándola. Es más eficaz este revestido y evita que el viento levante las planchas, si se colocan de trecho en trecho debajo de éstas unas manecillas *av* clavadas por su extremo *a* en la fábrica y ligeramente encorvadas por el otro *v* para que puedan sujetar el redoble de la plancha *bv*. Por el lado de la cubierta la plancha debe avanzar por debajo del revestimiento hasta *r* para que tampoco retroceda el agua por este lado.

En las cornisas ó paredes construidas con pequeños materiales, se emplean mucho para canales las tejas curvas vidriadas, las cuales se sientan á baño de mortero con grandes traslapos que se deben tomar con cemento. Es mejor, sin embargo, dejar en la fábrica la caja conveniente para instalar en ella una canal metálica, debiendo tenerse presente cuando se emplea cinc, que la humedad saturada de cal lo deteriora, por lo que en este caso no debe colocarse la canal hasta que no esté bien seca la fábrica. Por lo general, se hace la canal independiente de la fábrica de la pared, como se observa en la *fig. 1115*, y entonces la plancha *vc*, que cubre la cornisa ó coronación de la pared, resguarda también la unión *c* de ésta con el borde de la canal.

Se construyen también las canales con hormigón ú otra mezcla análoga, moldeándose en el mismo emplazamiento ó sea sobre la cornisa. Para esto, se deja en la fábrica una caja *dacb (fig. 1469)*, en cuyo fondo se extiende una capa de 5 centímetros de espesor de la mezcla. Sobre esta capa se coloca un alma ó sea un semicilindro de madera *S* y se rellena con la mezcla el espacio restante de la caja. Á los pocos minutos se hace girar suavemente el alma, para cuyo objeto se ha untado antes con jabón y aceite, y se levanta por fin cuando se ve que la mezcla ha adquirido la consistencia conveniente, con lo que queda hecha la canal, que después se alisa perfectamente con un guijarro para que no se detenga el agua.

1337. Las canales descansan muchas veces sobre la cornisa, ocultándolas con un ático de madera ó tablero *ab (fig. 1467)* que se sujeta de trecho en trecho con hierros acodillados convenientemente como se ve en la figura, empotrando el extremo inferior *c* de éstos en la fábrica. La canal se dispone en pendiente, haciendo ésta en la misma fábrica ó por medio de tarugos ó calzos de diferente altura. El frente del tablero y el borde exterior de la canal, así como el vivo de la cornisa, se resguardan de la lluvia empleando una plancha que se amolda á la forma de estas piezas y se sujeta por su borde inferior embordándola en una tira también de plancha, indicada con la línea gruesa *a* y la cual se fija debajo del hierro acodillado y del tablero *ab*.

Cuando el ático es de fábrica y ésta se hace con yeso, debe defenderse del mismo modo de la intemperie, como se indica en la *fig. 1468*. En este ejemplo, la plancha que resguarda la coronación de la cornisa se hace independiente de la que cubre el ático y que se figura de puntos, introduciendo su borde superior *bb* en ranuras practicadas en el mismo, como se detalló en las *figs. 1425, 1426* y *1427*, en cuyo caso sirve la anterior de tapajunta.

Con el barro cocido se hacen áticos *(fig. 1470)* que están preparados para recibir y fijar una canal metálica. En el de la figura, las piezas son de $0^{m}62$ de altura por $0^{m}83$ de longitud y $0^{m}10$ de grueso, enlazadas entre sí por medio de una escuadra *badc* empotrada en su brazo inferior *ba* en la cornisa y el vertical *dc* entre cada dos piezas de barro; para cuyo objeto éstas tienen una ranura de alto á bajo de sus planos de junta. Dos topes ó espigas de hierro *e*, *e'* están destinadas á mantener unidas además las piezas. La hoja de plomo *ae* que forma la canal, se sujeta metiendo su borde superior *c* en una ranura hecha en el ático, ó haciendo que cada pieza de éste tenga de trecho en trecho unos contrafuertes *ab (fig. 1471)* separados por la parte superior *a* de modo que pueda entrar en el

intervalo el extremo de un corchete como indica la figura, para que el otro extremo agarre la hoja *oec*. Este medio de sujeción se cubre con una tapajunta *T* resguardada á su vez por un saliente que tiene el ático.

1338. La canal se dispone también dentro de otra de madera *(fig. 1258)* cuya pared exterior encaja por su base entre la tabla del fondo y un listón, el cual se fija con clavos que atraviesan la tabla vertical y penetran en la del fondo por su canto. Por el lado de la cubierta tiene la canal metálica cubierto su borde por una faja de cinc clavada por su orilla superior debajo del revestimiento, que en el ejemplo es de pizarra, para que el agua de ésta vierta en la canal con facilidad.

En la *fig. 1260* la canal está sostenida á trechos en unos hierros *ebo* acodillados convenientemente para descansar sobre la cornisa por medio de una patilla *o*, recibir la canal en la parte curva y asegurarse en la fábrica, abriendo su extremo *e* en cola de carpa. El agua que caiga fuera de la canal escurre en este caso por el plano inclinado *eo* con que termina la cornisa. El hierro debe pintarse al óleo para su mejor conservación y cuando la canal es de cinc para evitar además las corrientes eléctricas que se producen con la humedad.

1339. Con hierros angulares y hojas de palastro se forman también las canales, sirviendo á la vez de cornisa ó coronación á las paredes, en cuyo caso afectan la sección rectangular, como aparece en las *fig. 1123* y *1217*. Los bordes se arrollan ó redoblan, y mejor aún se refuerzan con hierros angulares para que la canal tenga más rigidez y evitar que se abra con la presión del agua, lo cual se evita también estableciendo á trechos unos tirantes transversales que, á modo de grapas, enlazan los dos bordes de la canal. Para que el agua no se filtre por las juntas de la canal, se toman éstas con algunas de las mezclas ó mastics empleadas para soldar en frío (407) ó con masilla de vidrieros (246).

1340. Los aleros de mesilla construidos con madera *(fig. 1472)*, se terminan con un tablón moldurado *M, M'* que forma la corona de la cornisa, el cual se sujeta á la tabla *tt, t't'* por medio de hierros planos acodillados *ad, a'd'* clavados en dicha tabla y atornillados en la moldura. La canal metálica queda alojada, según se indica de puntos en la figura. También se aloja la canal metálica en otra rectangular de madera como la de la *figura 1473*, cuyas tablas están ensambladas á ranura y lengüeta, y otras veces se presenta á la vista *(figura 1474)* cuando pertenece á una cubierta de cinc ó plomo. Los tirantes *cb* se sueldan por un extremo *c* en el costado interior de la canal y se encorvan por el otro *b* para sujetarla.

En todos estos casos la canal metálica debe tener libres sus movimientos y disponerse de modo que las aguas de la cubierta caigan bien en ella sin temor de que retrocedan ó viertan fuera. En la figura se indica la manera de embordar las planchas de cinc de la cubierta *C* con el borde interior de la canal y presenta ya unido éste con la plancha *F* que oculta la cabeza de los listones (1301).

La canal se sujeta en la madera por medio de manecillas *M* que se sueldan por un extremo *om* *(fig. 1475)* en la cara inferior de la canal y entran por el otro *on* en abrazaderas *aa* clavadas á la madera de debajo. Los trozos de canal que empalman en los puntos altos, ó sea en los cambios de pendiente, se unen por medio de una *junta de dilatación (fig. 1476)* que se forma cerrando los dos extremos de canal con planchas *A*, cuyos cantos superiores se doblan para embordar en ellos la tapajunta *or*, dejando entre dichas planchas el hueco suficiente para los efectos de la dilatación *(a)*.

1341. El hierro fundido se emplea hoy en canales que afectan diferentes formas para acomodarse á los distintos emplazamientos. Se les da la sección trapezoidal *(fig. 1477)* con unos rebordes *rr* en sus extremos para unir unos trozos con otros por medio de pernetes, después de lo que se calafatean á fin de cerrar el paso del agua por la junta ó se interpone en ella una tira de goma.

Se hacen curvas de 5 milímetros de espesor uniforme y una longitud de un metro, terminando por uno de sus extremos en un reborde *acb (figura 1478)* en el que entra la extremidad de otro trozo *B*, es decir, que enchufan uno en otro, colocando entre ambos, en una ranura que tienen al efecto, una tira de caucho, cuyo grueso de 11 milímetros se reduce á 5 apretando una canal con otra por medio de unas pinzas especiales. Se mantienen después apretadas con unos cierrajuntas ó llaves de hierro *acr (fig. 1479)* que entran por un extremo de la canal enganchadas en las aletas ó salientes *s* y se corren hasta el enchufe para mantenerlo apre-

(a) Con el aumento de 32° centígrados en la temperatura, una canal de 10 metros de longitud se dilata 10 milímetros.

tado, resultando una junta impermeable y muy adherente, pues el caucho forma con la fundición y el azufre que entra en su composición, un sulfuro de hierro que se convierte con el tiempo en un mastic férreo.

1342. CANALES COLGADAS Ó APOYADAS EN LOS CABRIOS. — Cuando las canales se disponen sobre los aleros corridos y éstos son de madera *(fig. 1012)*, se les proporciona un asiento con media tabla á corte de berengena *on* donde pueda clavarse la tabla vertical ó tablero *nd*, contra la que apoya el costado exterior de la canal. La unión de estas dos piezas se defiende de las lluvias por tapajuntas, como indica la figura, las cuales embordan también con las planchas (cuando las hay) que ocultan la tabla vertical *nd*. Estas planchas presentan en su frente adornos estampados, y se enlazan por medio de un reborde con una tira de cinc que defiende las cabezas de los cabrios, y se asegura por medio de manecillas clavadas en ellos.

Cuando los cabrios son de hierro *(fig. 919)*, la tabla vertical, que puede ser metálica ó de madera, se sujeta con escuadras cerradas, según se ve en la figura.

1343. Se fijan las canales en las cabezas de los cabrios de varias maneras. En la *fig. 931*, la canal tiene una pestaña en uno de sus bordes para plegarse sobre los cabrios y asegurarse en ellos por medio de pernetes *n*. Pueden sujetarse en el alma de un hierro especial *ab (fig. 964)* que une las cabezas de los cabrios ó en una tabla vertical *ad (figura 966)*. Las canales se sostienen también colocando á trechos ó en cada cabrio unos hierros en forma de hoz *adoh (fig. 1379)*, cuya parte recta ó mango *ad* se sujeta en el cabrio por medio de dos tornillos, recibiéndose en la curva *doh* la canal maestra, la cual defiende con su reborde exterior *h* á los expresados hierros. Esta hoz puede terminar en un gancho *g (fig. 1480)* y tener otro *c* en el extremo opuesto, con objeto de establecer dos alambres *ge, ec* que se ponen tirantes, retorciendo sus cabos en el punto de encuentro *e* y evitan que se abra la canal.

Los hierros ú hoces pueden también sujetarse en la parte inferior de los cabrios, cuando éstos son de hierro, de la manera que indica la *fig. 1481*, por medio de tornillos *T, T*.

Se da á estas hoces algunas veces un aspecto decorativo, presentando sus frentes diferentes formas, de que son ejemplo las *figs. 1482* y *1483*.

1344. CANALES SOSTENIDAS EN HIERROS Ó CARTELAS. — En paredes que dan á patios ó donde el aspecto del edificio lo consiente, se sostienen las canales metálicas debajo de los aleros ó rafes, por medio de largos clavos *cs (figura 1484)* con horquillas curvas *ado* en su cabeza para recibir la canal. Estos clavos ó soportes se disponen de trecho en trecho, según exija el tamaño de la canal y por lo tanto la carga de agua que ha de recibir.

Los soportes son algunas veces unas cartelas *ecr (fig. 1485)*, que se fijan en la pared al construirla, empotrando en su fábrica las garras *d* y *e* y que reciben generalmente una canal de madera donde se aloja la de metal, asegurándose aquélla por medio de tornillos *T* ó por medio de un apéndice vertical *rb* en el que se fije del mismo modo el lado exterior de la canal.

Las cartelas, cuando necesitan gran resistencia, se forman de hierros angulares ó de simple T y de ello es un ejemplo la *fig. 1486*. El hierro se dobla según *acb* para recibir la canal, fijándose con roblones á una plancha *cbr* y á otro hierro vertical *rv*, mediante el cual se sujeta á la armadura de hierro de la cubierta.

Lo mismo que las canales, se hacen de fundición las cartelas que las sostienen, como las empleadas en el palacio de cristal de Londres, que son huecas para servir de desagüe á la canal y cuyo detalle se presenta en la *fig. 1487*. Los distintos trozos de canal se unen por medio de tornillos ó pernetes que aprietan los rebordes *abcd*, y en la parte del fondo que asienta en las cartelas tienen una abertura por donde vierte el agua en éstas, que, como se ha dicho, son huecas, según demuestra la sección *xx* para que pase el agua á las columnas de apoyo que son los conductos de bajada hasta el suelo.

1345. CANALES-VIGAS. — Al describir el kiosko de la *fig. 1305*, vimos que la canal, según detalla la *fig. 1306*, puede ser una viga tubular de palastro, y al tratar de las armaduras de vertientes desiguales (1213) se vió también que las canales de fundición *(fig. 1243)*, se aprovechan algunas veces como vigas para apoyar en ellas los cabrios. Tiene esto aplicación en cubiertas de una pendiente apoyadas en postes ó columnas.

La *fig. 1488* representa en sección una canal de palastro, cuyos puntos de apoyo distan unos 4 metros y en la que descansan sobre su borde *a* los cabrios *C*, que forman la cubierta de una vertiente

de dos y medio metros de anchura. El alma de la canal es la plancha vertical *bd* reforzada con las cantoneras *A*, *B* y de trecho en trecho con la barra plana acodillada, según *cea*, que da rigidez á la canal y sirve de apoyo al cabrio *C*.

1346. CANALES DE LIMAS HOYAS Ó DE ENCUENTRO DE CUBIERTAS.—Aunque se han hecho algunas indicaciones sobre este punto al tratar del revestimiento de las cubiertas, conviene además tener presente en su construcción, otras reglas que se van á exponer.

Para la colocación de las canales en las limas hoyas de las cubiertas, á las que acuden dos vertientes de tejas planas *(fig. 1489)*, se levantan los listones *A* ó se hacen más altos que los restantes para que pueda colocarse la canal de modo que las tejas viertan bien en ella. En otros casos, se aprovecha el grueso de los cabrios *C (fig. 1490)* y se levanta además la tablazón *ttn* por medio de tablas *B* cortadas á la berengena, con objeto de que las tejas ó el revestimiento de la cubierta se encuentre á la altura conveniente sobre la canal, según se indica á la derecha de la figura. La canal descansa sobre las carreras ó á lo largo de los pares de lima hoya, si las correas ensamblan en el costado de éstos.

Se dispone también la canal metálica dentro de otra rectangular de madera, en cuyo caso se da á las tablas que forman las paredes la altura necesaria para que sobre ellas apoyen las boquillas de las tejas ó el revestimiento.

En algunas partes las canales se fabrican con tejas vidriadas, como se dijo para las de fachada (1336), macizándolas por sus costados para presentar el apoyo á las tejas.

Cuando las cubiertas se revisten con hojas ó planchas de metal, las limas hoyas se disponen colocando las canales dentro de otras de madera ó como indica la *fig. 1415* ó embordando las orillas de las hojas del revestimiento de los faldones con los bordes de la canal, cuidando en todo caso de que ésta tenga la anchura suficiente para que las aguas no rebosen, lo cual es muy fácil si las vertientes que se encuentran tienen poca inclinación, pues que entonces resultan las canales muy abiertas.

1347. Cuando el encuentro de dos vertientes se verifica según una línea horizontal, la poca pendiente que puede darse á la canal obliga á hacerla de metal, que siendo de una pieza ó de varias soldadas unas con otras, no necesita pendiente para que el agua vierta por los desagües. Las canales rara vez en este caso caen sobre paredes, pues generalmente descansan las armaduras sobre columnas ó postes de hierro que en su interior tienen dispuestos los tubos de desagüe. De todos modos, el encuentro de dos cubiertas se estudia de manera que la canal tenga holgura para su colocación, y si no puede dársele pendiente, debe procurarse altura para que el agua no rebose por los bordes.

En las armaduras á diente de sierra, que generalmente son de poca luz, las canales de hierro fundido y las de palastro con cantoneras, se aplican mucho, como se indicó en su lugar (1213 y 1345). Cuando la distancia entre los cuchillos ó la luz de éstos es grande, las vigas que hacen de carreras se componen generalmente de dos gemelas, separadas de 20 á 30 $^{c}/_{m}$, cuyo espacio se maciza y sirve de asiento á las canales, como se representó en las *figuras 1150, 1198* y *1336*. En todas ellas se procura evitar que el agua pueda penetrar por el ajuste inferior de los bastidores de vidrieras por lo predispuestos que son á ello, en atención á que generalmente se hacen movibles. Se colocan para ello las planchas indicadas en *rb (fig. 1150)* y *sab (fig. 1336)*.

En paises donde nieva mucho, la canal debe ser ancha y colocarse encima una rejilla para que se detenga en ella la nieve y deje pasar la que se derrita, evitando así que se obstruya la canal ó sus desagües. Sirven además estas rejillas, que se disponen horizontalmente, para que los trabajadores puedan marchar por ellas á recorrer las cubiertas y limpiar las vidrieras ó librarlas de la nieve cuando ésta se amontona y quita la luz.

1348. CANALONES.—Hay ocasiones en que puede tener aplicación el sistema de despedir las aguas de las canales maestras por medio de canalones, especialmente cuando se quieren defender ó resguardar de la lluvia algunos puntos como puertas, ventanas, balcones, etc. En este caso, las canales se hacen de metal y se colocan voladas ó suspendidas del alero, dándoles desagüe por canalones que despidan las aguas de lluvia á bastante distancia de los puntos que se quieren resguardar.

Los canalones tienen la forma cónica ó de cuerno de vaca, terminando en pico de flauta. Deben tener además un corta lágrimas ó sea una chapita cortada según la curva del canalón, al cual coje normalmente y al que se suelda, evitando al mismo tiempo que se abra, pues el canalón no va soldado

más que por su extremo superior á la canal, quedando libre en toda su longitud; el corta lágrimas tapa la cabeza del clavo y horquilla que en este punto debe contener el canalón y la canal.

1349. TUBOS DE BAJADA.—Los tubos bajantes ó de desagüe de las canales maestras, se hacen de diámetros que la práctica ha sancionado ya en cada localidad, y que varían entre 8 y 11 centímetros. Sin embargo, si se quiere determinar por medio de un cálculo, puede emplearse la fórmula: $Q = M\,S\,\sqrt{1961\,A}$; donde Q es el gasto ó caudal de agua que puede descender por el tubo; M un coeficiente variable entre 0,25 y 0,50; S la sección del tubo, y A la altura máxima del aguaen la canal que produce la carga sobre el orificio de salida. Experiencias hechas en los tubos más empleados en París, dan los resultados siguientes:

Diámetro interior del tubo. — Metros.	Cantidad de agua ó caudal que puede bajar en un minuto. — Litros.
0,080	194
0,095	273
0,108	340
0,115	510
0,135	834
0,160	984

Los tubos ó cañerías por donde desciende el agua de las canales maestras pueden ser *interiores*, es decir, embebidos en la pared de fachada ó *exteriores*, ó sea al descubierto, desde la canal á la acera. Se combinan ambos medios haciéndolos *mixtos*, es decir, al descubierto desde la canal al piso principal y empotrados en la pared desde el plinto, que lo acusa, hasta la acera. Al llegar á ésta, unos vierten sobre ella y otros por debajo, acudiendo muchas veces á la alcantarilla de la población ó al sumidero de la casa, siguiendo en ambos casos el camino más corto y con las menores vueltas ó recodos posibles.

El desagüe de las canales en los tubos de bajada, se efectúa por agujeros practicados en el fondo de aquéllas, dando á la boca de salida la forma de embudo y procurando que la unión resulte del todo impermeable; sobre esta boca conviene colocar una rejilla dispuesta de modo que el agua no encuentre obstáculo y no deje paso á lo que pudiera obstruir el tubo de bajada.

Empleando las tejas de caperuza *(fig. 1465)*, se hacen algunas con la conveniente embocadura de desagüe; y cuando éste se encuentra en la extremidad de la canal como en la figura, hay que cerrar el paso al agua por medio de un tabique *T, T'*.

1350. El tubo de bajada que ha de situarse en el interior de la pared, puede formarse con *arcaduces* de barro como los representados en las *figuras 39 á 41* recibiendo los enchufes, es decir, la parte en que los unos entran en los otros con betún de fontanero ó zulaque (244). Para las vueltas se usan los codos ó codillos *(fig. 42)*. Unos y otros deben colocarse de modo que las aguas lleven la dirección que indican las flechas.

Igualmente es posible formar estos caños, al ejecutar la pared, empleando ladrillos hechos á propósito *(figs. 1491 y 1492)*, siendo preciso entonces revestir el interior con buen mortero hidráulico ó con una mezcla de las indicadas en el párrafo 244. En todos casos, ha de procurarse la mayor lisura posible y que sean completamente impermeables para que la humedad no aparezca en el paramento manchándolo ó deteriorando las pinturas.

La dificultad de conseguir la completa impermeabilidad por los medios acabados de exponer, hace que hoy se empleen casi exclusivamente las tuberías de hierro fundido, de plomo, de cinc y aun de hoja de lata, uniendo en todos casos los diversos trozos de manera que no dejen lugar á filtraciones, para lo que se enchufan unos en otros y se sueldan además. Estas tuberías se colocan en cajas abiertas de arriba abajo por el lado del paramento exterior de la fachada y se sujetan á trechos de metro y medio próximamente, por medio de grapas, alcayatas ó clavos á propósito para que unos tubos no carguen sobre otros y que se mantengan en situación vertical. Esta tubería, que conviene aislar de la fábrica de la pared, queda unas veces al descubierto y otras se oculta con un tabique de panderete ó con una plancha de hierro que puede encajar en un marco y hasta ser susceptible de abrirse ó cerrarse como una puerta, para facilitar el registro de la tubería y sus reparaciones. Los tubos de bajada que se establecen en fachadas de patios ú otras paredes interiores, deben estar aparentes y accesibles para que sea fácil su registro. Si se emplea el cinc para la tubería, ésta no debe colocarse hasta que no esté bien seca la fábrica de la caja donde ha de colocarse, porque el mortero húmedo le perjudica (336).

Cuando el tubo de bajada es exterior, puede formarse de cualquier material y servir para decorar

las fachadas, figurando columnas encajadas ó salientes como las representadas en *B*, *B* (*figs. 450* y *451*). Se fijan, si no, en la pared por medio de grapas *agr* (*fig. 1493*), ó de clavos con horquilla (*fig. 1494*), cuyos extremos *aa* están vueltos hacia fuera para que puedan engancharse unos *fiadores* de alambre *aca* que sujeten la tubería por debajo de los rebordes que deben tener en sus uniones ó enchufes. Los clavos de horquilla ó fiadores pueden tener la forma de la *fig. 1495*, haciendo al arco ú horquilla dos ojos *o*, *o* para que una vez puesto el tubo pueda sujetarse con un aro ó abrazadera *o'co'*, cuyos agujeros *o'*, *o'* se corresponden con los *o*, *o*, entrando en ellos unas clavijas, Para retener los tubos y que no se corran hacia abajo, se les suelda una nariz *N* (*fig. 1496*), la cual tropieza en el collar ó en el canto del tubo inferior.

Haciendo mixtas las bajantes, hay que formar un codo en la unión entre la parte descubierta y la empotrada, entrando ésta por lo general en una caja abierta en la fachada, cuya caja se cubre con planchas, como se ha indicado antes.

En las marquesinas y cobertizos, los tubos bajantes pueden establecerse tomando la dirección de los jabalcones *oc* (*fig. 956*), como se indica de puntos en la *957*, hasta su encuentro con la pared ó con los postes; y cuando la armadura se presta á ello, siguiendo la línea inferior de ésta *ae* (*fig. 964*), ó *atr* (*fig. 966*), en cuya dirección es fácil la colocación de una tubería.

Cuando los tubos de bajada son de cinc, que es lo más general, se hace de hierro fundido su parte inferior, porque aquél material empleado en planchas no puede resistir á los golpes á que está expuesto cerca del suelo. El tubo se encorva para dar salida al agua, tomando el nombre de delfin porque en su principio tenían la forma de una cabeza de este cetáceo. Hoy este tubo encorvado presenta su boca enrasada con el paramento de la pared. En este punto, si la tubería está cubierta con una plancha metálica, ésta tiene un zócalo al que se une la boca de la tubería, teniendo un solo agujero para el desagüe de ésta ó una rejilla para impedir que se introduzcan objetos que la obstruyan.

1351. Las tuberías que tienen su desagüe por debajo de las aceras, rara vez pueden hacerlo por medio de otros tubos cilíndricos empalmados al de bajada, pues que el grueso de las losas ó levante de las aceras sobre el resto de la calle no da la altura suficiente para ello. En este caso, el tubo de desagüe puede tener la sección cuadrada de modo que enrase por su parte superior con el pavimento de la acera ó se hace á las losas de ésta una caja ó rebajo para el paso del agua, cubriéndolo con una placa de hierro fundido ó de palastro muy fuerte. Esta tapa puede encajar en un marco y aun estar unido á él por medio de charnelas, para poderse levantar y limpiar fácilmente la canal. Si ésta se hace de forma tubular, se le deja en la cara superior ó tapa una hendidura longitudinal para introducir por ella el mango de hierro de una barredera que limpie el fondo sin levantar la tapa.

En todos los casos, debe estar estriada la cara superior que enrasa con la acera para que no sean resbaladizas y ponerse en comunicación metálica con las tuberías inmediatas, para que en caso de una descarga eléctrica pueda llegar ésta á la tubería.

1352. Las columnas de hierro fundido que sustentan techumbres de talleres, almacenes, etc., sirven en muchos casos de bajantes de aguas disponiendo para ello convenientemente el capitel, tanto para que el agua no se detenga como para impedir la entrada de objetos que pudieran obstruirlas. Aunque el agua entra generalmente en la columna por una sola boca, que por el vuelo del capitel presenta la forma de embudo, hay ocasiones en que la entrada tiene que ser por dos bocas como aparece en la *fig. 1497*, donde los pares *P*, *P'* de las dos vertientes opuestas apoyan uno contra otro y tienen que pasar las aguas por sus costados *B*, *B*, para lo cual las carreras *C*, *C'* terminan en *aa'a'* y las planchas que empalman las extremidades de dos contiguas se encorvan como se ve en *eaae*. La columna es de dos trozos: el fuste con su zócalo, y el capitel que enchufa encima en 6 centímetros y lleva cuatro ménsulas en ángulo recto, dos de ellas inclinadas para recibir los pares.

En un costado del pie de la columna debe tener ésta una boca ó tubo de salida de las aguas para que sin atravesar el cimiento puedan ser conducidas á las cañerías. Hay, sin embargo, casos en que el zócalo les da paso, como sucede en el kiosko de la *fig. 1305*, donde las aguas son despedidas por gárgolas *G*, *G*.

Cuando se utilizan las columnas de fundición como tubos de bajada, es necesario tener la precaución en climas fríos de que las aguas bajen por tubos de plomo de un diámetro inferior al hueco interior de la columna, para evitar los riesgos de una ruptura en el caso de helarse el agua.

ARTÍCULO XX

Pasos de registro, cresterías, balaustradas y remates de cubiertas.

1353. ESCALERAS Y PASOS DE REGISTRO EN LAS CUBIERTAS. — Al revestir una cubierta debe pensarse en la manera de llegar á ella para sus reparaciones ó registros, disponiendo en los sitios más convenientes buhardas de salida y escaleras para ascender á los caballetes, en los que deben establecerse andenes para el servicio.

Al tratar de los empizarrados se vió que hay necesidad de fijar garfios de amarra *(fig. 1398)* para colgar las escalas de mano cuando se ha de registrar el estado de las pizarras, y estos mismos medios hay que emplear en todas las cubiertas que tienen mucha pendiente.

En armaduras de hierro que se cubren con tejas grandes de recubrimiento, se disponen escalones de subida de hierro fundido *(fig. 1498)*, los cuales tienen su cara superior *ab* estriada para que no resbalen los operarios, y una longitud igual al ancho de dos tejas, siendo de forma análoga á la de éstas para encajar en ellas. Se provee de barandilla sujetando el pie de los balaustres en los cabrios ó pares ó empotrándola en la fábrica del forjado. En ambos casos, para que el agua no penetre por el agujero, se dispone una teja especial de fundición *de*, y se cubre el agujero con un sombrerete *S* soldado al balaustre.

En las cubiertas revestidas de cinc, las escaleras de servicio se forman de escalones del mismo material fundido *(fig. 1499)*, los cuales tienen formada su huella en puntas de diamante para que no sean resbaladizos, y se sueldan á intervalos iguales en un tramo de la cubierta.

Se forman también escalones con escuadras de hierro *(fig. 1500)*, sobre las que se fijan barras horizontales que constituyen una rejilla. Las escuadras *esc* se atornillan por sus extremidades, acodilladas al efecto, en listones tendidos sobre la cubierta, resultando de este sistema que cada peldaño puede quitarse y ponerse aisladamente.

Ambos medios son aplicables á los empizarrados.

1354. Los andenes ó pasos, cuando las paredes forman la cumbre, se establecen disponiendo sobre ellas un solado como el *aa (fig. 1368)*. El acceso á este anden lo proporcionan otros establecidos sobre las paredes apiñonadas ó que terminan con la pendiente de la cubierta, los cuales deben ser escalonados si la inclinación es mayor de 33 por 100.

La teja dibujada en la *fig. 1378*, que se emplea en los caballetes cuando el revestimiento de la cubierta se hace con tejas planas, constituye un buen paso, pero debe asentarse sobre macizo para que pueda resistir el peso de las personas y materiales que hayan de hacer los reconocimientos ó reparos.

En armaduras de hierro pueden los apoyos ser barras arqueadas como la *ba (fig. 1501)*, cuyos extremos superiores *b, c* se unen por hierros T ó angulares, sobre los que se fijan las planchas de palastro para el piso. Los apoyos se arriostran unos con otros para mantenerlos invariables en su posición vertical por medio de hierros planos ó angulares que unen sus extremos salientes *b, c* y de barras redondas *R* colocadas en el medio de los pies curvos.

De un modo análogo está formado el andén que rodea la linterna del teatro de Badajoz *(fig. 1312)*. Los pies arqueados *ah*, que son barras planas, están roblonados por su pie con hierros angulares que descansan sobre la cabeza de los pares de enrejado y por su parte superior reciben otros hierros angulares *eh* en los que van fijadas con remaches las planchas de cinc que constituyen el solado.

1355. Para poder limpiar las vidrieras de las cubiertas á diente de sierra cuando tienen mucha altura, se establecen andenes *A (fig. 1253)* de la suficiente anchura para el paso de una persona, cuyo piso se apoya en cartelas fijadas á trechos en los mismos hierros de vidrieras, según se detalla en la *fig. 1198*. Las cartelas están formadas de dos hierros *bt, br*, sección de T sencilla que se unen entre sí y con el hierro *tr*, empleando planchas de ensamble roblonadas á las tres piezas. Por su vértice saliente *b*, las cartelas se unen unas á otras por medio de un hierro angular, cuyo objeto es evitar además que resbale hacia fuera la escala de mano que ha de emplearse para limpiar los cristales altos á que no alcanza una persona con la mano. La escala se apoya por su parte superior en una varilla horizontal de hierro, colocada en unos pescantes *z (figs. 1253 y 1254)*, situados cerca de la cumbre cuando ésta no es saliente ó no ofrece resistencia suficiente por ser de barro. Estos pescantes son unas planchas roblonadas en ambos lados de los mismos hierros de vidriera y por los que pasa la

varilla horizontal que va de unos á otros, para cuyo efecto están taladradas.

1356. CRESTERÍAS Ó CORONAMIENTOS.—Los materiales de que se construyen estas obras de adorno, son los metales, las piedras naturales ó artificiales con base de cal ó cemento y el barro cocido. Tanto con unos como con otros, debe tenerse en cuenta al ejecutarlos la distancia á que se han de encontrar de la vista del observador para no cargarlos con relieves que no producen más objeto que el de ocasionar gastos. Por desatender este precepto no se distinguen en algunos adornos más que masas, cuando están llenos de detalles, cuya ejecución ha presentado muchas dificultades y sacrificios.

Como ejemplo de una fabricación bien entendida en productos de barro, donde se ha aprovechado racionalmente su empleo y en las condiciones más favorables para su duración, puede presentarse el ático *(fig. 1470)* donde se disimula la junta *nr* con una ornamentación rehundida, y la crestería *(fig. 1502)* que se compone de piezas de $0^{m}75$ de longitud unidas y mantenidas unas contra otras por medio de espigas ó tacos trabados con cemento. Cada una de estas piezas lleva en una extremidad una parte formando cubrejunta y en la otra un rebajo en donde ajusta la de la adyacente. La base está provista de una lengüeta *aa* y encaja en la ranura *a'a'* de la pieza inferior que cubre el caballete de la cubierta.

Hoy se emplea mucho el hierro fundido y el cinc estampado, de que son ejemplo las *figs. 278* y *279*, cuya colocación es sumamente fácil por lo ligera.

La *fig. 1503* presenta un remate de barro de las rampantes de un muro testero, en la que los detalles *A*, *B* indican su disposición interior para cubrir unas piezas á otras. Están mantenidas para que no resbalen: de un lado, por medio de una parte abultada que apoya en un resalto que tienen las tejas de la extremidad del rampante y de otro por medio de clavos que se fijan al último cabrio, el cual sobresale de estas tejas.

La *fig. 1504* indica una aguja cuya altura es de $1^{m}60$ y donde están mantenidas sus diferentes piezas por una varilla de hierro que la atraviesa además de los enchufes ó entradas que tienen unas partes en otras y del cemento con que se llena el hueco comprendido entre la varilla y la superficie interior de la aguja para asegurar la unión.

1357. ANTEPECHOS Y BALAUSTRADAS.—Estos cuerpos descansan sobre un zócalo y rematan por su parte superior en una *mesilla* ó pasamanos. Los antepechos que coronan un edificio ó limitan una azotea, son macizos como los áticos (596) ó calados como los representados en las *figuras 1505* y *1506*, haciéndose en el primer caso de fábrica de mampostería, ladrillo ó sillería, y en el segundo, de este material ó de barro cocido, formando una especie de celosía ó una balaustrada. Se hacen también de hierro colado y algunas veces de madera, aunque esta construcción es de poca duración y solo se emplea en edificios cuya osamenta es de este material y aparece al descubierto, siendo su adorno obligado.

Los balaustres de un antepecho, cuando son de hierro ó de madera, se sujetan entre dos barandales, como los balcones (682), en los que entran las espigas con que rematan por sus extremos inferior y superior, y constan, como las columnas, de basa, fuste y capitel.

Cuando los balaustres son macizos de piedra natural ó artificial *(fig. 1505)*, se sostienen en su posición por su mismo peso y por el enlace con la mesilla ó pasamanos. La unión de las piezas que componen éste, son unas veces á junta plana y otras quebrada *(fig. 289)*, endentándose unas con otras, como se indica en la *fig. 290*, cuando se necesita mayor seguridad.

Este enlace se debe verificar siempre sobre un balaustre, y cuando se teme que el antepecho pueda recibir algún golpe ó esfuerzo horizontal ó haya de estar expuesto á fuertes vientos, se aseguran las juntas por medio de grapas que se colocan en la cara inferior (610).

Si los balaustres son huecos, como los de barro, se aseguran contra la acción del viento y de los empujes que puedan sobrevenir, introduciendo un eje de hierro ó de madera que penetre por sus extremos en el zócalo y en la mesilla en los que se encarcela ó asegura con mezcla. Esta precaución es indispensable cuando el material de que están formados los balaustres no ofrece la suficiente resistencia para sostener la mesilla superior, ya porque el peso de ésta sea grande, ya porque hayan de colocarse sobre ella macetas con plantas, como se acostumbra en algunas partes.

1358. La parte superior de la mesilla expuesta á la intemperie, no se deja horizontal, sino con vertientes á los lados para que no retenga la lluvia, y

se reviste de cinc ó de plomo si está construida con yeso. Para ello se clavan á trechos ó se encarcelan con yeso en la cara superior de la mesilla unas manecillas de cinc, de modo que sobresalgan unos 3 centímetros por ambos lados para embordar en ellas las fajas de cinc ó de plomo que han de cubrir el barandal, las cuales se replegan contra los costados.

Aplicándose los antepechos y balaustradas en las azoteas, se debe tener cuidado, al construirlos, de dejar aberturas ó embornales en la parte inferior del zócalo, para que las aguas tengan salida á la canal maestra, si está dispuesta por la parte de afuera en el vuelo de la cornisa.

1359. REMATES.— Los tejados ó cubiertas que tienen una figura regular, terminan generalmente en su punto más elevado con un adorno llamado *remate*, que sirve en muchos edificios para conocer su destino.

En los templos se terminan las medias naranjas ó cúpulas con una cruz ó veleta de hierro ó cobre que descansa sobre una *bola* ó esfera hueca de grandes dimensiones, dividida en dos partes, en cuyo interior se guarda el acta de terminación del edificio ú otros documentos con determinadas noticias. Los trozos de la bola entran á rosca unos en otros y salen ya concluidos de los talleres de fundición: el exterior se dora á fuego por punto general ó se pinta al óleo dándole purpurina.

Se fijan, como todos los remates, en un taco de madera empotrado sólidamente en la cumbre del edificio ó en la parte superior del pendolón de las armaduras por medio de una larga espiga que tiene la pieza inferior del remate y que entra en una caja practicada al efecto en dicha madera, sujetándose las más de las veces por la parte inferior con una tuerca doble: la unión del hierro con la madera se defiende de la acción de las lluvias que pudieran penetrar por ella, con un sombrero ó plancha metálica que cubre á la vez un tope circular moldurado.

1360. Las *veletas*, que también se colocan en edificios que no son templos, están formadas de un *eje* que es una barra vertical de hierro, recta y cónica, con un muñón en su extremo superior en el que gira con holgura la *flecha* que el viento mueve, para cuyo efecto tiene ésta en su punto medio un ojo circular perfecto. El muñón tiene interiormente, por la parte superior, una rosca donde entra un tornillo de cabeza más ancha que el eje y que se llama *botón de ajuste*, sirviendo para que la flecha no pueda salir de su sitio. Este tornillo es unas veces sencillo y otras termina en una cruz vertical ó en una aguja. Se aprovecha también para señalar la dirección del viento poniéndole dos brazos horizontales en cruz, los cuales se orientan bien, y una vez fijos, marcan con las letras N, E, S y O, que llevan en sus extremos, los cuatro puntos cardinales. Algunas veletas tienen hueco todo su eje y por él pasa una aguja unida á la flecha, la cual por la parte inferior sale á una habitación donde otra flecha en que termina, recorre un cuadrante que tiene dibujada la rosa de los vientos, sabiéndose así la dirección de éstos desde el interior del edificio.

CAPÍTULO VI

De las escaleras

ARTÍCULO I

De las escaleras en general.

1361. DEFINICIONES.—Las escaleras tienen por objeto, como se sabe, facilitar el paso de un piso á otro cuando no están á la misma altura.

Formadas por barrotes llamados *escalones*, atravesados á uno ó dos largueros ó montantes, son las llamadas *escalas* de mano que se emplean en la construcción de las obras como instrumentos auxiliares.

Las *escaleras* se componen de varios planos horizontales *ab*, *dc* *(fig. 1507)*, donde se apoya el pie sucesivamente al subir ó bajar y á los que se da el nombre de *peldaños ó escalones*.

Cuando tienen por objeto salvar el desnivel entre el terreno y la planta baja de un edificio que está más elevada que aquél, toman el nombre de *escalinatas ó graderías*, así como cuando se destinan á establecer el paso entre dos calles ó paseos que se encuentran á distinta altura.

Las escaleras propiamente dichas, son las que en el interior de un edificio sirven para comunicarse sus diferentes pisos y pueden ser, atendido su destino, *principales* y *excusadas ó de servicio*, variando naturalmente su situación. Las primeras son esenciales en todo edificio y las segundas tienen su aplicación en los de grande extensión ó importancia cuyas necesidades no pueden satisfacerse con una sola escalera.

En los peldaños se llama *huella* el plano horizontal *ab*, donde se pone el pie para subir ó bajar y *contrahuella ó tabica*, el plano vertical *bc* que determina su altura y une dos huellas consecutivas, el cual está casi siempre más retirado que el borde *b* de la huella, formando este saliente una moldura.

1362. DISPOSICIONES DIVERSAS DE ESCALERAS.—Pueden hacerse las escaleras de un solo tiro ó *tramo* como el de la figura, cuando la altura que se ha de salvar es pequeña ó tiene por objeto dar acceso al edificio cuya planta baja está elevada sobre el terreno. En este último caso se salva el desnivel por medio de las escalinatas ó graderías, las cuales unas veces tienen peldaños por sus tres lados *A, B, C (fig. 1508)* y otras están limitadas lateralmente por muros de poca altura *M, M' (fig. 1509)*, para servir de zócalo á una barandilla ó balaustrada, ó por un antepecho *A (figura 1510)*. En todos casos terminan en una *meseta ó descanso D*, llamado también *rellano*, que en edificios suntuosos es el *atrio*, teniendo entonces las escalinatas grandes dimensiones.

Los escalones de un tramo deben ser en número impar y no pasar de once, porque con mayor número resultan penosas y de mal efecto las escaleras, por lo que cuando el desnivel no se puede salvar con aquél número, se dividen en tramos separados por mesetas ó descansos, en los que puedan reposar los que se fatiguen, detenerse algún objeto que caiga rodando de arriba y servir en muchos casos de acceso á las habitaciones situadas á su altura. Deben tener cuando menos 90 $^c/_m$ de línea, para que pueda darse en ellos un paso antes de subir al siguiente tramo.

El caso de ser seguida la tirada en la misma dirección de los tramos de una escalera, debe evitarse en lo posible, por más que pueda adoptarse esta disposición en escaleras de servicio ó reservadas, cuando se disponga de poco espacio. En ocasiones, se superponen los tramos unos sobre otros, desarro-

llándose contra una misma pared ó entre dos paralelas distantes lo que ha de tener de anchura la escalera.

1363. Lo más general en un edificio es disponer la escalera en un espacio llamado *caja* cuya anchura y longitud no sean muy desproporcionadas. Cuando es un rectángulo de una anchura doble ó poco más que la de la escalera, se establecen las llamadas *de ida* y *vuelta (fig. 1511)*, con un primer tramo ó ida *ad, a'd'*, que parte del sitio de embarque *A, A'* y por cuyo tramo se sube al descanso *B, B'*; de éste va otro tramo *de, d'e'*, ó sea la vuelta, pues tiene dirección contraria al anterior, y se llega á la mesilla *eh, e'h'*, que generalmente es de desembarque, es decir, que tiene las puertas *P* de las habitaciones superiores, hallándose al mismo nivel que éstas. En edificios de importancia se dispone la escalera denominada *imperial (fig. 1512)*, que puede ser *de ida* y *doble vuelta A*, ó *de doble ida* y *vuelta B*. Los tramos de ida y vuelta están separados, como en el caso anterior, por una mesilla que se llama *corrida*, porque abraza dos ó más tramos.

Cuando es posible, se deja entre los tramos de la escalera un espacio *L (fig. 1513)* que se llama *luz*, porque da paso á la que viniendo de arriba ha de alumbrarla, por más que en muchos casos no tenga este objeto, sino el de facilitar el desarrollo ó el tiro de la escalera á lo largo de las paredes de la caja. Esta clase de escaleras llamadas *de ojo*, tienen sus descansos cuadrados ó rombales y los ángulos de la luz ó del ojo se redondean, como se ve en *o*. La irregularidad del terreno obliga en ciertas ocasiones á disponer las escaleras en cajas irregulares, como la de la *fig. 1514*, y entonces los descansos son cuadriláteros, cuyos ángulos se procura redondear ó achaflanar. Lo mismo se hace cuando la caja de la escalera es triangular *(fig. 1515)*, componiéndose entonces de tramos rectos y curvos.

1364. Las escaleras *espirales* que se desarrollan á lo largo de cajas curvas ó de ojos cilíndricos, son atrevidas y de bello aspecto, pero de incómodo y peligroso uso por la desigual anchura de las huellas. Se imponen, sin embargo, donde hay poco espacio y se disponen de varias maneras.

La más sencilla es la *de abanico (fig. 1516)*, con un ojo circular generalmente que se procura hacer lo mayor posible para que la diferencia de anchura en las huellas sea menos perceptible. Se les da también la forma de herradura, que son de gran efecto en el exterior de los edificios y hasta se hacen curvas en ciertos casos las aristas de los escalones, como se observa en la *fig. 1517*, que representa la escalera de subida á un piso bajo elevado sobre el terreno. Las escaleras espirales afectan también la figura de una S, como aparece en planta y alzado en la *fig. 1518*.

Las escaleras *de caracol (fig. 1519)*, tienen su caja circular ó cuadrada y se denominan *de ojo*, cuando tienen hueco el espacio circular interior, alrededor del cual se desarrollan y *de árbol* cuando lo tienen macizo, el cual también se llama *nabo* y *espigón*.

Haciendo el caracol de doble alma *A, A (figura 1520)*, formado de dos hemiciclos y un rectángulo, se tiene la ventaja de que presenta una meseta rectangular para descanso en vez de los escalones que corresponden á este espacio.

La *fig. 1521* presenta la planta de una escalera que empieza con un tramo recto, sigue en caracol y desembarca con figura de S.

Como escaleras que permiten ganar una gran altura, se disponen las *de doble ojo (fig. 1522)*, que tienen la forma de un ocho y cuyos tramos se cruzan en él, puesto que la altura ganada es bastante para pasar por encima del tiro inferior. Del mismo modo se hacen escaleras múltiples, es decir, más de una en la misma caja, siendo preciso para ello que en las revoluciones superpuestas, los pisos tengan una gran altura, para que puedan entrar en ella las de los dos tramos, más el grueso de la escalera.

1365. Se llama *de repetición* la escalera dividida en dos *(fig. 1523)*, cuyos peldaños tienen doble altura de la ordinaria, pero correspondiéndose las huellas de los unos con la semialtura de los otros, de modo que la persona que sube ó baja pone un pie en un escalón *A* y el otro en *B*, sin más esfuerzo que el empleado en una escalera ordinaria. Si han de cruzarse dos personas, se divide el ancho de la escalera en tres partes, sirviendo la central, que tiene doble anchura que las laterales, lo mismo para el que baja que para el que sube. Se hacen también de la manera que indica la *fig. 1524*, dando á los escalones la forma triangular ó de cuña. Es preciso para su uso, que como en el caso anterior, la persona que baja ponga el pie derecho en *A* y el izquierdo en *B*, lo que exige en las dos escaleras una bajada ó subida metódica y muy expuesta á accidentes, cuyas circunstancias hacen que

solo se adopten en casos muy especiales, cuando el espacio disponible es sumamente reducido, pues exigen muy poco para su establecimiento.

1366. PROPORCIONES DE LOS PELDAÑOS.—La altura y el ancho de los peldaños deben guardar cierta relación, porque lo mismo es incómoda y fatigosa una escalera demasiado suave como otra de fuerte pendiente, siendo importante observar que un peldaño de cierta anchura debe tener menos elevación que otro más estrecho, es decir, que á mayor anchura corresponde menor altura, y esto se comprende considerando que lo que se pierde al dar un paso, se puede recobrar no levantando mucho el pie.

En las escalas de mano se disponen los barrotes á unos 32 centímetros de distancia y en las graderías ó escalinatas se da á la huella un ancho de 40 á 50 centímetros y una altura de 20 á 15 á las contrahuellas. En las escaleras se relaciona el ancho y alto de los peldaños, estableciendo la igualdad $2a + h = 0^m65$, que es el paso ordinario, donde a representa la altura y h el ancho. También se prescribe que la suma de la altura y de la huella sea de 0^m487 y otros dicen que debe ser igual á 0^m496.

De todos modos, el ancho de la huella no debe ser menor de 25 centímetros y la altura estar entre 15 y 20. Con mayor altura, la subida se hace penosa y en la bajada la pierna no conserva bastante fuerza de equilibrio doblándose bajo el peso del cuerpo. Conviene también hacer tanto menor la altura de cada peldaño cuanto mayor sea la total que debe salvarse, haciendo más suaves las escaleras principales que las de servicio. En las grandes escaleras ó de lujo, la huella varía entre 30 y 48 centímetros, como en las escalinatas.

En los casos ordinarios es muy difícil sujetarse exactamente á las prescripciones anteriores que, por otra parte, no dan resultados muy conformes unos con otros; y como generalmente no se puede disponer libremente del espacio para fijar la escalera, se procura aproximarse á las dimensiones anteriormente indicadas. Por ejemplo, si el desnivel que ha de salvarse con un tramo es de 2^m5 y se quiere que la altura de cada peldaño se aproxime á 18 centímetros, tendremos que el número de alturas será igual á $\frac{2,50}{0,18} = 13,9$, cuyo cociente no es exacto, pero se aproxima á 14, que fijaremos como número de contrahuellas, las cuales tendrán entonces, no 18 centímetros, sino $\frac{2^m50}{14} = 0^m178$. El ancho de la huella será: $0^m487 - 0^m178 = 0^m309$; y si se adopta la fórmula $2a + h = 0^m65$, será:

$$a = 0^m65 - 2 \times 0^m178 = 0^m294.$$

Es muy común, sin embargo, que las huellas tengan de 28 á 30 centímetros de anchura, y entonces se ven las que caben en la longitud de cada tramo y se reparte el desnivel que ha de salvarse en el número de alturas ó contrahuellas que correspondan, teniendo presente que por cada tramo resulta una altura más que huellas.

1367. REGLAS PARA TRAZAR LA PLANTA DE LOS PELDAÑOS.—El trazado de las escaleras de tramos rectos se hace de manera que las aristas de los peldaños sean paralelas á los lados de la caja cuando ésta es paralelográmica, según se ve en las *figs. 1511 á 1513*. La demarcación, si la caja es irregular *(fig. 1514)*, se hace á escuadra con la línea del ojo para que la diferencia ó fealdad quede en las mesetas, cuya condición es indispensable en el caso de formarse la barandilla con pilarotes de madera en los ángulos y de hierro en los tramos.

En las escaleras de medio punto ó abanico, así como en las de caracol, las aristas de los peldaños siguen forzosamente la dirección de los radios y en las que se forman de varias curvas, los centros que sirvan para trazar la línea del paso medio, serán también los puntos á donde se dirigirán los peldaños correspondientes.

1368. Cuando se redondean los ángulos del ojo de una escalera, el radio de curvatura debe tener cuando menos 0^m40 para que los cortes de los balaustres y el pasamanos no sean muy pendientes. Los peldaños correspondientes á la curva no se trazan en sentido de los radios *(fig. 1525)* porque serían entonces muy angostos por el lado de la luz de la escalera y al contrario por el opuesto, resultando, además, que la inclinación cambiaría bruscamente, sino de manera que sea suave el tránsito, haciendo para ello lo que se llama *compensación* ó *falseo*.

Para efectuar esta operación, se toman en los lados AB, BC del ángulo en B las distancias BE, BD iguales á vez y media el ancho de los peldaños, fijando así los puntos D y E, por los cuales se tirarán perpendiculares para encontrar el punto O, que será el centro del arco $D35E$. Se divide luego este cuarto de círculo en un número

de partes igual al doble del de los peldaños que se falsean y el ancho de éstos en la curva estará fijado por los puntos impares de división 1.3.5.7. Se tira el radio *O 3* prolongándolo hasta *e*, y llevando la distancia *3e* desde *e* á *b*, se levantarán las perpendiculares *bx*, *3x* que por su encuentro nos darán el centro *x* del arco *b 3* que ha de presentar el borde del peldaño ó descanso *Z*. Del mismo modo se hará el falseo de los peldaños *Y*, *P*, como se indica en la figura. Con la operación gráfica que acabamos de describir, se aumenta, como se ve, la anchura de los peldaños en la vuelta del descanso, haciendo más fácil el paso al mismo tiempo que se da más gracia á la escalera y se suaviza la curva del pasamanos en el cambio de dirección, haciendo desaparecer los garrotes incómodos que de otra manera resultan. Además se excusan los pilarotes, que de otro modo se ponen en los ángulos, resultando seguidas la barandilla y el pasamanos.

1369. En las escaleras anteriores, formadas de tramos rectos, los peldaños tienen una misma anchura en toda su extensión y son por lo mismo las más cómodas y seguras; pero en algunos casos el espacio disponible obliga á colocar peldaños radiales en los descansos ó á disponer la escalera en curva ó *en vuelta*.

Si tenemos una escalera como la representada en planta en la *fig. 1526*, se empezará por trazar por el medio de la escalera las líneas *sh'*, *h'f'*, *f'19* y tangente á ellas, haciendo centro en *h* y *f*, los cuartos de círculo que pasan por los puntos *6* y *14*, formándose la línea del *paso medio 1...4.6.8...12. 14....19*, en la que se marcarán las huellas, dándoles á todas la misma medida. En el punto *9*, que divide la escalera en dos partes iguales, la tabica ó contrahuella será perpendicular á la línea *bd* y las de los *6* y *14* seguirán la dirección de los radios trazados desde *h* y *f*. Los trazos de los otros peldaños se obtendrían fácilmente tirando de los demás puntos del paso medio, rectas perpendiculares á las líneas *ag*, *bd* del ojo; pero es conveniente que los intervalos en que queden divididas vayan disminuyendo gradualmente desde el punto *g* hasta el *a*, desde el *10'* á los puntos *b* y *d* y desde el *19'* hasta el punto *c*, pues de esta manera no será brusco el paso de los peldaños de las partes rectas á los de las curvas.

1370. Cuando dos tramos rectos se unen por otro curvo *kd* (*fig. 1527*), se traza la línea del paso medio y se divide en partes iguales, como en el caso anterior, marcándose perpendiculares á ella las contrahuellas, menos las siete de la vuelta. Para trazar la dirección de éstas se divide en seis partes iguales la parte desde *c* hasta *a*, y se unen los puntos de división con los correspondientes del paso medio, fijándose así la dirección de las tabicas *5* á *9*. Las inmediatas *4* y *10* se variarán buscando el punto medio *o* entre *g* y *k*, y el *c* entre *h* y *d*, y tomando después la mitad de la distancia de *c* á *o* y de *e* á *a*, se podrán trazar las contrahuellas *4* y *10*, como se indican de trazo lleno en la figura.

Otro procedimiento para compensar una escalera de ida y vuelta, cuyos dos tramos se han de unir por otro curvo, es el indicado en la *fig. 1528*. Una vez fijada la línea del paso medio *xy*, se trazará el desarrollo *d'a'b'* de la línea espiral *dcb* con el escalonado que marcan los radios, y tomando *a'd'* = *a'b'*, se levantarán las perpendiculares *d'o*, *b'o*, desde cuyo encuentro se podrá trazar el arco tangente *d'6'b'* que sustituirá á la línea quebrada *d'a'b'*, siendo los anchos que se buscan los *a"6'* que resulten de prolongar hasta este arco las huellas anteriores, cuyas medidas, transportadas á la línea *dcb*, indicarán los puntos que, unidos con los de encuentro de los radios al paso medio *xy*, darán las proyecciones de las aristas de los peldaños ya compensados ó falseados.

1371. OBSERVACIONES ACERCA DE LA DISPOSICIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LAS ESCALERAS.—La situación de las escaleras en un edificio, es de gran importancia para la buena distribución y comodidad de las habitaciones y no se comprende cómo en algunas construcciones se relegan á lugares secundarios y que existan palacios donde hayan sido olvidadas. Deben estar situadas cerca de la entrada del edificio, donde se vean con facilidad; su extensión y aspecto han de corresponder al uso á que se destinan para que no sean embarazosas al paso de personas ó muebles, y han de resultar apropiadas al lujo del edificio. Al fijar su emplazamiento, se debe cuidar que no separen piezas que estén dependientes unas de otras y asegurarse de que hay espacio bastante para desarrollar el número de peldaños que exija la altura ó desnivel entre unos pisos y otros.

La situación del primer escalón debe estar de manera que no haya que ir alrededor de la escalera para llegar á él, siendo además muy conveniente que el antepecho esté á la derecha del que sube, así como las vueltas que tenga que dar. Las escaleras

han de ser seguidas de unos pisos á otros sin más separación que los descansos; únicamente en palacios llega la escalera solamente al piso principal, sirviéndose los superiores por otras escaleras secundarias inmediatas que arrancan del piso bajo como la principal.

La luz en una escalera debe procurarse á toda costa, siendo preferible tomarla directamente de ventanas practicadas en las paredes á recibirla del techo: en el primer caso se debe evitar el cortar las ventanas con los tramos ó descansos, antes bien, deben acusarse francamente con ellas los niveles que la escalera tenga.

En las escaleras cuyos tramos sobrepuestos no se apoyan más que en la pared y que reciben la luz de arriba, se disminuye la anchura en cada piso con objeto de que pueda pasar bien la luz y que no resulten oscuros los tramos inferiores, además de que estos necesitan más anchura pues tienen mucho más tránsito.

1372. El ancho de una escalera ó la longitud útil de sus peldaños, es de 0m90 á 1m20 en las de edificios ordinarios, reduciéndose en ciertos casos á 0m65 y aun á 0m45 en las de caracol. En edificios públicos se hacen de dos metros y más, según la importancia que se les da por su destino ó por la concurrencia que han de tener. En las escaleras á la imperial, el tramo del medio se hace más ancho que los laterales, dándoles la proporción de 1,5 á 2.

1373. Cuando los tramos ó vueltas de una escalera van sobrepuestos unos á otros, hay que tener sumo cuidado en salvar la cabeza, es decir, que debe quedar entre la huella de un escalón y la cara inferior del superior correspondiente la altura bastante para que quepa una persona de pie sin necesidad de inclinar la cabeza, ó sean 1m75 en las escaleras de servicio y 2m20 en las otras, con cuya altura pueden además pasar fácilmente los muebles sin que tropiecen en el techo.

De esta prescripción nace un inconveniente en las escaleras de caracol cuando su anchura no pasa de 0m45 á 0m50 *(fig. 1519)*, pues entonces, como el paso medio es una circunferencia de 35 centímetros de radio y 220 de desarrollo, resulta que si se reparten pocos peldaños para que cada huella en dicho paso medio tenga 25 centímetros de anchura con objeto de sentar el pie con comodidad, la altura de cada peldaño ha de ser excesiva para salvar la cabeza; y si por el contrario se quiere hacer cómoda la subida hay que hacer el reparto en unos catorce peldaños, y en este caso, la huella media no es más que de 16 centímetros de anchura.

1374. Tanto la anchura como la altura deben ser las mismas en todos los peldaños de una escalera; mas cuando las alturas de los diferentes pisos de un edificio no son iguales, hay que hacer distinta distribución ó reparto para cada uno, cuidando que resulten más suaves cuanto más elevadas estén de la tierra.

La huella ó anchura de los peldaños se mide en el medio de su longitud y no en ninguno de sus extremos, cuando varía la anchura de uno á otro. En las escaleras espirales, esta medida se toma á 0m50 del ojo ó hueco, pues á esta distancia tiene una persona los pies cuando apoya su mano en el antepecho. Si la medida se tomara en el medio de la escalera cuando es muy ancha, no habría espacio para el pie á dicha distancia.

1375. De ordinario el primer peldaño y muchas veces el segundo y tercero son más largos que los restantes y terminan en una curva que generalmente es una voluta, á fin de que tenga un gracioso apoyo la pilastrilla del antepecho y un fácil acceso la escalera. La anchura del primer peldaño se hace también por lo regular 3 centímetros mayor que la de los demás, la del segundo 2 centímetros y la del tercero 1, cuyo exceso se toma en el medio.

No es conveniente que los escalones tengan su arista viva, porque además de que pronto se gasta con el uso, el cual las redondea, presenta mala vista y es muy peligrosa en una caída.

Si la escalera ha de ser cubierta por un tapiz ó alfombra, debe tenerse presente esta circunstancia al construirla, para fijar en la tabica ó contrahuella, junto á la huella del inferior, una varilla de hierro ó de bronce entre la que y dicha tabica puede introducirse la alfombra, que de este modo se pliega al escalonado sin producir arrugas ó dobleces peligrosas.

1376. MONTAPLATOS Y MONTACARGAS.—Tienen por objeto los montaplatos conducir al comedor las viandas preparadas en la cocina, cuando ésta se encuentra en distinto piso que aquél y no hay escalera especial para este servicio, no siendo conveniente tampoco que los platos pasen por otras piezas.

Consiste el montaplatos en un portaviandas *M* *(fig. 1529)*, que corre de arriba abajo por unas guías de hierro *a*, *a'a'*, *d*, *d'd'* y está suspendido de cuerdas ó cadenas que se arrollan en poleas *C*,

C, una de cuyas cuerdas tiene un contrapeso *P*, sirviendo la otra para subir ó bajar el portaviandas desde el piso bajo *M'* donde generalmente están instaladas las cocinas al comedor *M* y viceversa. Sus dimensiones mínimas son de 60 centímetros de longitud por 40 de anchura, lo que exije en los suelos un embrochalado para darle paso, de 80 centímetros por 45. Cuando además del servicio ordinario de la cocina con el comedor haya de servir el montaplatos para elevar objetos pesados ó muebles susceptibles de mancharse ó deteriorarse por las escaleras, se le da mayores dimensiones, denominándose entonces de gran servicio y constituyendo ya un montacargas.

1377. Se emplean éstos en edificios mercantiles ó industriales para la subida y bajada de las mercancías ó de los objetos pesados, cuya disposición dirige el ingeniero encargado de construir dichos edificios. Su movimiento se efectúa por medio de una cuerda sin fin, con paradas automáticas y freno cuando la carga no pasa de 400 á 500 kilogramos; mas cuando han de levantar pesos mayores se mueven por tornos ó por la presión hidráulica, como los ascensores que van á reseñarse.

Se establecen también montacargas sobre una escalera, en cuyo caso la plataforma sube resbalando por los dos planos inclinados laterales que limitan aquélla, como los *ab*, *a'b'* de la *fig. 1509*. La maroma que arrastra este mecanismo puede pasar por una polea dispuesta debajo del último peldaño y va á un torno colocado inferiormente.

1378. ASCENSORES Ó ELEVADORES.— Donde la altura de los edificios es mucha por constar de varios pisos y el movimiento de las personas es considerable, se establecen estos aparatos destinados á evitar la subida por la escalera, los cuales ascienden á voluntad, deteniéndose á la altura de los diferentes pisos de un edificio para que las personas que en ellos han entrado en un piso puedan trasladarse á otro superior ó inferior.

Consiste en una especie de cajón ó garita rodeada de asientos, que recorre verticalmente un espacio prismático ó cilíndrico, dispuesto unas veces en el ojo de una escalera y otras en sitio independiente, aunque al lado y junto á los corredores ó pasillos, desde los que sea fácil y cómodo entrar en las habitaciones, á cuyo efecto tiene puertas para entrar y salir de él á nivel, y la barandilla de la escalera se abre en los descansos. Lleva también en sus paredes las convenientes aberturas ó ventanas para dar paso á la luz, y debe ser capaz de contener cuando menos dos personas, lo que da un espacio mínimo de $0^{m}80$ por $1^{m}20$, á lo que hay que agregar el espacio que exija el sistema que se adopte para darle movimiento.

Es lo general emplazar los ascensores ó elevadores en el ojo de la escalera, pero esto ofrece peligros para las personas que se apoyan en las barandillas, y deben situarse en un hueco lindante con la escalera para que ésta quede libre. Si se instala en dicho ojo es preciso que el ascensor esté separado lo suficiente de la barandilla ó que ésta tenga mucha más altura de la ordinaria, para que las personas que suben ó bajan por ella no tengan riesgo al asomarse ó no lo puedan hacer para evitar las desgracias consiguientes al movimiento de guillotina que se establece entre el aparato y la barandilla cuando uno con otro son rasantes.

1379. De su mecanismo para su funcionamiento no podemos ocuparnos de una manera completa porque su estudio corresponde á otro ramo distinto del que informa este TRATADO. Debemos conocer, sin embargo, los datos generales de su emplazamiento y las disposiciones que en cada caso particular pueden adoptarse.

El ascensor resbala por unas guías verticales y para su movimiento hay dos sistemas bien distintos con pozo ó sin él. En ambos debe exigirse que la marcha se verifique con toda regularidad y con la rapidez conveniente; que no haya fuertes choques en las paradas y sobre todo que la seguridad sea completa é independiente de la rotura de alguna de las partes del aparato.

Los ascensores pueden ser movidos á brazo, por vapor, gas ó electricidad, por la presión hidráulica, etc., y se construyen según varios sistemas, entre los cuales están los siguientes:

1380. El de Edoux, cuyo árbol de sustentación tiene un émbolo sumergido y se equilibra con un contrapeso, necesitando un pozo de una profundidad igual á la carrera de la garita.

El de Samain, cuyo gabinete está también equilibrado por un contrapeso y está soportado por un árbol formado de cinco ó seis tubos que entran los unos en los otros como en un anteojo, y que se ponen en movimiento por la presión del agua, ejerciendo su acción en el interior de un cilindro que sirve de cuerpo de bomba á dicho árbol, cuyo extremo inferior es un émbolo. El cilindro se reduce así á la longitud de uno de los elementos del árbol

los cuales durante la subida se desarrollan sucesivamente y el agua se eleva por el interior formando una especie de columna líquida que sostiene el gabinete.

El ascensor Backman consiste en 4, 6 ú 8 montantes que reciben un carril desarrollado en hélice sobre el cual giran las 4, 6 ú 8 ruedas de un carretón, en el que descansa el gabinete. Puede el ascensor moverse por medio de un cable cuyo motor esté en un sótano ó por el motor dispuesto en el mismo carretón. Éste es el que da vuelta y no el gabinete, el cual asciende ó desciende entre dos guías verticales. Este sistema puede establecerse sobre el suelo sin pozo ni sótano y en él es imposible la caída del gabinete.

El sistema de Otis tiene un pozo con un émbolo que hace correr al gabinete hasta doce veces su longitud por medio de un polipasto y cuatro cables de alambre de acero que están sólidamente amarrados en la armadura de cubierta, y después de arrollarse en dicha polea móvil, remontan sobre una fija colocada en la parte superior y vuelven á descender para fijarse al bastidor del gabinete. Por medio del polipasto interpuesto entre dicho gabinete y el émbolo, la relación de la carrera de este último con la longitud del émbolo puede variar de 1 á 2 y aun de 1 á 12.

1381. Los ascensores se aplican también para bajar á un sótano un carruaje cuando hay gran escasez de terreno. Consisten en una plataforma de 2 á 3 metros de lado (2,20 × 3,10) donde se coloca el vehículo, y la cual desciende y sube verticalmente por medio de un torno ó por un émbolo puesto en movimiento por el agua. Una vez abajo, se saca el carruaje de la plataforma y ésta sube á su primitiva posición, que puede ser el piso de un patio; en cuyo caso, si se quiere que dé luz á la cochera subterránea, se enlosa de vidrio.

ARTÍCULO II

Escaleras de fábrica.

1382. ESCALERAS DE PIEDRA.—Las escalinatas ó graderías se hacen de sillería ó de ladrillo y rara vez de madera ó hierro. En las de sillería se ha de tener presente que sus juntas estén encontradas, como se ve que lo están las *aa* con las *cc (fig. 1508)*. Por lo general, las losas de que se componen los peldaños se sientan sobre un macizo de tierra ó de mampostería y rara vez sobre bóveda, montando la superior en parte de la inferior, ya simplemente como indica la *fig. 1530*, ya por medio de un chaflán *(fig. 1531)*, ó ya por un corte como el de la *fig. 1532*, donde se ve que la lluvia no puede penetrar por la junta por hallarse más elevada que el ángulo formado por cada dos peldaños.

Algunos hacen las gradas con un poco de pendiente hacia fuera para que las aguas se escurran cuando llueva; precaución inútil al poco tiempo, pues el desgaste del tránsito hace el mismo efecto. Las graderías de ladrillo se construyen colocando los ladrillos á sardinel.

En edificios importantes las escaleras se construyen enteramente de mármol, adoptando formas regulares y sencillas, pues las complicaciones se armonizan mal con la grandiosidad y riqueza de su destino. El mármol, sea natural, sea artificial, se emplea también en los edificios ordinarios, pero generalmente en losas para formar las huellas y tabicas ó contrahuellas, según se verá más adelante.

1383. Dentro de los edificios, cuando la escalera no tiene más que un tramo, se establecen los peldaños sobre macizos de mampostería y aun de tierra, ó sobre bóvedas por tranquil, si se ha de utilizar el hueco inferior ó se quiere que presente aspecto más elegante. En estos casos, las losas que forman los peldaños, pueden montar simplemente, como en la *fig. 1530* ó como en la *1531*, y aún tocando simplemente sus aristas, pues que no están expuestas á las lluvias como las escalinatas. También puede darse á la bóveda la forma escalonada por su trasdós, siendo cada dovela un peldaño.

Si la escalera está encerrada entre dos paredes no muy distantes, puede simplificarse mucho su construcción haciendo los peldaños de una pieza, de modo que por sus extremos se empotren en las paredes, disponiendo las juntas de unas con otras como se acaba de decir ó como indica la *fig. 1533*.

Lo más común es que la escalera esté adosada á un muro de manera que los peldaños apoyan en él por una de sus extremidades, quedando al aire la otra. En este caso, descansan por este lado en una *zanca* que puede ser un arco, en el que se practican cajas laterales para recibirlos, asegurándose con grapas la unión de los peldaños con el arco-zanca, para evitar que éste se desvíe. Se hace también recta la zanca en forma de viga, colocada en sentido de la

inclinación de la escalera; pero como es difícil obtener piedras de la dureza y dimensiones que exige hacerla de una pieza, se la divide en dovelas á manera de arco adintelado *(fig. 1534)*, pudiendo cada dovela tener su correspondiente peldaño, según aparece en la *fig. 1535*. También se disponen los peldaños con su parte de zanca de manera que descansen unos sobre otros *(fig. 1536)*, teniendo sus juntas escalonadas *acns;* pero en uno y otro caso se debe asegurar la unión por medio de barras de hierro empotradas.

La zanca, que ofrece una solidez real y aparente, es necesaria cuando la escalera ha de llevar balaustrada de sillería.

Si la escalera no está adosada á la pared por ninguno de sus dos costados, los peldaños deben apoyarse en dos zancas dispuestas como las que se acaban de indicar.

Las escaleras encajadas entre dos paredes, pueden establecerse sobre arcos que vayan ganando altura sucesivamente *(fig. 1537)*, en vez de construir una bóveda en rampa.

En las escaleras de ida y vuelta *(fig. 1511)*, se forma primeramente el descanso *B*, *B'*, volteando á la altura conveniente una bóveda que estribe en las paredes laterales *ab*, *ek* y que sirva de apoyo á la zanca ó á la bóveda que forma el primer tramo de escalera *ad*. Se sustituye dicha bóveda por un arco que puede ser adintelado, como se indica en *D (fig. 1533)*, completándose la anchura del descanso con losas *L* que pueden servir de solado al mismo tiempo.

1384. Se construyen escaleras sin zanca, apoyando los peldaños por uno de sus extremos en la pared, en la que se empotran, llamándose entonces escaleras *suspendidas ó geométricas*. La parte empotrada ó entrega de cada escalón con el peso de la pared que carga encima, han de ser bastantes á contrarrestar el esfuerzo de palanca de la parte volada, para cuyo mejor efecto se labra por cuadrado la entrega, con lo que además se facilita el asiento, pues que descansa sobre un plano horizontal que es el lecho del peldaño. La junta de unión de unos con otros, se hace de dos superficies *ad*, *ac (figura 1533)*, resultando la estabilidad del apoyo mútuo de los peldaños de la forma de arco adintelado que debe darse á la parte de escalera, cuyo ancho es *ac*, para lo cual estas juntas tendrán la dirección á un punto determinado que haga de centro del arco. Esto exige, sin embargo, un gran espesor en esta parte, para formar arco, y una lab: muy esmerada. Se procura, pues, que la estabilid: dependa de la bondad de la piedra, para que no : partan los peldaños por su entrega y de la seg: ridad que se dé á este empotramiento para que r puedan girar sobre su arista de asiento. Genera mente la extensión del corte *ac* depende de la dı reza de la piedra: para la que es blanda y aun m dianamente dura, se hace igual á los $^2/_3$ de la altu: del escalón, dándose el doble á la cara de lecho junta *ad*. La superficie inferior presenta un plan excepto en las vueltas, que es una superficie alabe: da. El costado del escalón que forma la luz de escalera toma el nombre de *retorno*.

Las mesillas pueden también hacerse de es: modo con losas que entren en la pared de 0^{m}15 0^{m}20 como los peldaños, cortando además las ju: tas á cola de milano y emplomándolas después.

Lo mismo estas losas que los peldaños, se col can en la posición que les corresponde, interponie: do en sus juntas una delgada capa de mortero c buena calidad; pero para que se sostengan mientr: se asientan, hay necesidad de apear su cabeza v: lada con maderos colocados horizontalmente pa: las mesillas y en posición inclinada para los peld: ños. Este apeo no debe quitarse hasta no estar co: cluida la escalera y tener seguridad de las entrega

1385. Para la construcción de la escalera pri: cipal de la Intendencia de Pamplona, cuya dispos ción es análoga á la de la *fig. 1513* y tiene un a: cho de 1^{m}50, se adoptó el siguiente procedimient Trazóse, precisamente sobre el enlucido de los mı ros de caja, tendido al efecto con sumo cuidado con la mayor exactitud, la sección de cada escaló: prolongando las líneas de huella y contrahuella pa: no perder el trazado al practicar el hueco ó aloj: miento en que había de quedar empotrado 30 ce: tímetros cada peldaño. Dispúsose un andamio co piezas verticales ó inclinadas, según la dirección d la rampa y en plano algo inferior al de ésta, par poder mover con desembarazo las gradas ó peld: ños. Una vez el andamio bien arriostrado, se pri: cipió por colocar en su emplazamiento la piedra d embarque ó primer escalón y sucesivamente los de más de cada tramo hasta llegar á la meseta; pre sentado el peldaño, asegurados de su perfecto ni vel y de su salida ó vuelo, como también de toda las demás circunstancias que en su colocación ha bían de concurrir, valiéndose para conseguirlo d cuñas apoyadas en las piezas inclinadas del anda

mio, se separaba de su posición si exigía el repaso de la labra alguna cara, especialmente las de junta ó lecho, y en caso contrario, y visto que el plano inferior ó de intradós, era prolongación del de la pieza colocada inmediatamente antes, se procedía á su encarcelamiento, llenando el hueco del muro con ladrillo recibido con cal hidráulica casi pura, terminando la operación con cuñas ó suplementos de madera de roble, bien seca, introducidos á golpe de mazo cuando el espacio final por rellenar era de menor espesor que el del ladrillo; entonces una lechada de cal hidráulica aseguraba el perfecto empotramiento de la piedra, la cual seguía descansando provisionalmente por su extremo volado en el andamio. Por el mismo procedimiento, fueron colocándose sucesivamente todos los escalones y las mesetas de vuelta, las cuales están formadas por piezas enterizas de piedra empotradas en los dos muros correspondientes, con mayor esmero aún si cabe, por la relación que con los dos tramos contiguos tiene cada meseta.

1386. Las escaleras espirales ó de caracol *(figura 1538)*, se componen de escalones de una pieza que por un extremo tienen la parte cilíndrica correspondiente, para que descansando unos sobre otros, formen el nabo *nn* y por el otro van á empotrarse en la pared circular ó caja de la escalera. La arista inferior de estas piedras, si se dejaran como indica la figura, serían un tropiezo y un peligro constante, por lo que se quita como indica el detalle de la derecha de la figura, labrando esta parte según una superficie alabeada y dejando de cuadrado la entrega *B*.

Se hacen también estas escaleras con el árbol ó nabo independiente, entrando éntonces los peldaños en cajas practicadas en él, unas sobre otras, siguiendo la dirección de la rampa, en cuyo caso es conveniente que el nabo tenga una moldura espiral saliente á modo de cornisa, donde apoyan los peldaños por este lado, empotrándose de todos modos en la pared por el extremo opuesto.

Cuando estas escaleras han de tener un ojo en el centro *(fig. 1539)*, se empotran los peldaños del mismo modo por uno de sus extremos en la pared y forman por el otro una especie de zanca en espiral descansando unos sobre otros, á cuyo efecto se les da la forma representada en el detalle *A*.

En caso de ser muy amplia la escalera espiral, se forman ó asientan los peldaños sobre una bóveda anular rampante estribada por un lado en la pared y en arquitraves inclinados sostenidos por columnas por el lado del ojo de la escalera, que entonces presenta un aspecto elegante.

1387. El desarrollo en la fabricación de piedra artificial con cemento, tan extendida hoy, facilita la ejecución de las escaleras anteriormente descritas evitando su costosa labra, por lo que se va generalizando el empleo de peldaños de dicha piedra, que á su duración y resistencia unen la elegancia y variedad de la ornamentación, la cual se obtiene á un precio relativamente reducido, haciéndolos preferibles á los de hierro y madera.

El núcleo de los escalones y mesillas, formado de ladrillos ó tejas planas con cemento, puede construirse sobre los correspondientes andamios ó armaduras ó ejecutarse en el taller con arreglo á patrones dados ó en moldes, empleando ladrillos ó tejas planas ú hormigón y colocarlos como piezas de verdadera piedra.

Según la disposición y objeto de la escalera, estos peldaños se recubren con una capa de cemento de Portland, de cemento con aceite, de yeso ó con tableros de mármol, granito, arenisca, pizarra, etc.; pudiéndose, gracias á la variedad de estos materiales, establecer escaleras más ó menos elegantes, así como también introducir en las cajas de ellas mayor ornamentación con el empleo de objetos cerámicos, mosaicos, etc., que lo que permite el uso de las piedras naturales.

1388. ESCALERAS SOBRE BÓVEDAS DE LADRILLO.—Cuando para la construcción de una escalera se hace uso del ladrillo, se establece el escalonado sobre bóvedas apoyadas unas sobre otras, cuya disposición no es difícil comprender. Para construir la escalera de ida y vuelta de la *fig. 1511*, se hace la bóveda *xy* donde formar la meseta *D′c′* la cual sirva de apoyo á otra bóveda que arranca del plano de embarque, y á la *xc* que va á descansar contra la *cu* que tiene la meseta *h′e′* inmediatamente superior.

La escalera de ojo *(fig. 1513)* necesitará una bóveda que, descansando en el plano de embarque, vaya á apoyarse contra la pared *ab* para establecer el tramo *cd* y el descanso *abce*. Sobre el costado *ae* de esta bóveda se levantará la *af* apoyada contra la pared *fg*, que servirá para el tramo *ao* y para el descanso *og*; y de *of* se levantará otra bóveda *om* que apoyará en la meseta proyectada sobre el plano de embarque. Así continuará para subir al segundo piso y al tercero, etc., de un edificio.

Si las bóvedas se construyen por hojas inclinadas (822 á 825), se apoyan contra las paredes de la caja de modo que esta parte quede más baja que la de la zanca *(fig. 1511)*, como indican las líneas de puntos ky, yg, gf, terminando por el lado de la zanca con un arco á rosca. De esta manera se consigue repartir los empujes en las paredes y una superficie vaída continua de muy buena vista.

1389. Estas bóvedas se hacen también de tabicado, con yeso, cuya construcción exige procedimientos especiales. Cuando las bóvedas han de ir unas sobre otras, como las que se acaban de explicar, su construcción nada tiene de particular una vez conocidos los medios de efectuarla (826). Se abre ó no una ranura en la pared *(fig. 1540)* siguiendo la curva $a'c'e'$ de la bovedilla y en ella se asegura con yeso un arco ó hilada de ladrillos ae, $a'c'e'$, empezando por al inferior a, a' que por su junta horizontal descansa en el arranque, y continuando con los superiores, de manera que cada uno de ellos se adhiere por dos de sus cantos al inferior y á la pared ó á la ranura ya dicha, hasta terminar una hilada ó arco ae. Los sucesivos, que sean necesarios para dar la anchura ab fijada á la escalera, se construyen del mismo modo, adhiriéndose con yeso á los anteriores. La bóveda que va sobre ésta apoya en un enrase horizontal $n'r'$ que se construye sobre la parte nr de la anterior, ó haciendo que las hiladas ó arcos que han de componerla, vayan á descansar en el de la parte ya construida $c'e'$, modificándose de este modo la curva de cada arco para que no presenten garrotes ó prominencias ni rincones.

Cuando las bóvedas se quieren corridas ó continuadas resulta la unión en el encuentro ó sea en la diagonal y pueden construirse *por igual* ó *por arista*. Para lo primero *(fig. 1541)* se hace una ranura en las paredes ab, bn (planta A), según la curva de la bóveda, y se empieza la colocación de los ladrillos en la ranura $a'c'b'$ para apoyar el último en la bdn, avanzando así hacia el ojo de la escalera eo, pero con sujeción á una regla flexible llamada *cercha*, que se encorva apoyándola en el punto b y en el o para formar el encuentro de las dos bóvedas de modo que obedezca á la vez á la curva $a'c'b'$ y á la que se haya trazado en la pared bdn, resultando así una bóveda vaída.

La unión por arriba de estas bóvedas ó sea haciendo saliente el encuentro curvo bo, ofrece muy buena vista, pero exige que se corten los ladrillos para formarla, como se ve en la proyección *(B* cuyo aparejo no presenta trabazón y resulta por tanto de menos fuerza que el anterior. Esto se c rrige haciendo doble bóveda en el cuadro $cbdo$, inferior por arista para obtener buen aspecto y superior por igual para recibir la carga, y constr yendo las bóvedas $eoca$ y $donm$ con sólo el tab cado sencillo de encima.

Lo mismo que se ha prevenido antes para l bóvedas de hojas, la curva directriz ó ranura que traza en las paredes, casi siempre con una cerch se dispone más baja que la correspondiente al o de la escalera con objeto de que las bóvedas ap yen contra las paredes, á las que de este moc transmiten parte de su empuje y se evitan las gri tas que se abren en la junta ó curva directriz.

1390. Para escaleras de caracol se hace la b veda unida con los peldaños, formando por la pa te inferior una superficie alabeada ó la cóncava d caracol. En el primer caso se tabica con ladrill que se cortan para ajustarlos á las dos curvas e espiral que suben por aoc, $a'o'c'$ *(fig. 1542)*, y e el segundo con bóvedas por igual B y también p arista A. Si se hacen las escaleras con ojo, se de éste, retirando los escalones en $acbr$, y si han c ser de árbol se construyen los escalones con es mismo.

1391. El escalonado se establece sobre las b vedas con mampostería, hormigón ó ladrillo, y l planos horizontales se cubren con losas, ladrillo baldosa, ó con cemento como en los suelos, cuida do de empotrar por un lado aquellos materiales e la fábrica del escalón superior, según se indica e e *(fig. 1543)*, para contrarrestar la fuerza de p lanca que imprimen los pies en la arista opuesta Generalmente se refuerza esta esquina con barrote aa, a' *(fig. 1544)* llamados *mampirlanes*, los cu les se aseguran por sus extremos, ya empotránd los en las paredes que forman la caja de la escaler ya ensamblándolos á durmientes ab, $a'b'$ dispue tos sobre las zancas.

Los mampirlanes pueden ser cantoneras de hie rro *(fig. 1545)* que por sus extremos se empotra en las paredes de la caja y en la zanca, sujetándo los además en la mitad de su longitud ó de la an chura de la escalera por medio de una uña ar en l fábrica del peldaño. La arista viva de la cantoner se redondea con otro hierro semiredondo C que s fija con tornillos á su brazo vertical; pero como a cabo de algún tiempo se separa, si el uso de la es

calera es considerable, se adoptan hierros especiales laminados de una sola pieza *(fig. 1546)* en vez de los angulares ordinarios, los cuales se fijan en la escalera del mismo modo que éstos.

Cuando las zancas son escalonadas, los mampirlanes tienen que dar la vuelta por el retorno *bc*, *b'c'* *(fig. 1547)* para lo que en las cantoneras se corta á inglete su ala ó brazo horizontal y se dobla á escuadra el vertical, al que se da una dirección oblicua en su extremidad *cd*, *c'd'* para empotrarla en la fábrica del peldaño superior, resultando saliente la parte moldurada del mampirlán, como se indica en *aa*.

Debe tenerse presente cuando se emplean mampirlanes, sean de madera ó de hierro, que el solado de la huella se gasta antes que ellos y que con el tiempo debe reponerse, pues de lo contrario, el resalto del mampirlán es un peligro para el que baja.

ARTÍCULO III

Escaleras de madera.

1392. ESCALERAS LIGERAS Ó PORTÁTILES DE MADERA.—La escalera más sencilla que se construye con madera consiste en un plano inclinado *(fig. 1548)* llamado *chapera*, el cual se forma de dos ó más tablones unidos por sus cantos y colocados de plano con la pendiente exigida por la altura que debe salvarse, y sobre cuyo plano se clavan transversalmente unos listones horizontales *aa* para que no resbalen los pies al subir ó bajar.

1393. La *escalera de mano (fig. 1549)*, llamada también *escala*, se compone de dos listones gruesos ó *montantes mn*, que están separados unos 50 centímetros: están dispuestos de manera que formen entre sí un pequeño ángulo abierto hacia abajo y en los que encajan cierto número de travesaños ó *escalones E, E*, distantes 32 centímetros unos de otros, que es lo que resulta (1366) del empleo de la ecuación $2a + l = 0^{m}65$ haciendo $l = 0$. Los escalones entran por sus extremos en cajas abiertas en los costados de los montantes, acuñándolos por la parte exterior para dar más fijeza al ensamblaje, sin perjuicio de enlazar los montantes cada 3 ó 4 metros con pernos de hierro que pueden servir de escalones, en cuyo caso debe cuidarse que enrasen con los de madera por sus bordes superiores para que no vacile al sentar el pie la persona que baja ó sube.

Se hacen escalas dobles compuestas de dos sencillas unidas á charnela por su parte más estrecha que es la superior, las cuales se sostienen solas cuando se separan las otras extremidades, pues se apoyan una contra otra pudiendo mantenerse en esta posición por medio de aldabillas ó fiadores que las fijan con una inclinación determinada.

A veces se forman escalas llamadas *de alma* con un palo ó montante *(fig. 1550)*, que se atraviesa con listones á distancias de 32 centímetros ó en cuyos costados se sujetan con clavos ó tornillos unos tacos ó ejiones donde puedan apoyarse los pies, como se ve en la *fig. 1551*.

1394. Sigue en sencillez á estas escaleras, la llamada *de molinero*, compuesta de dos tablones ó zancas *ab*, *a'b'* *(fig. 1552)*, en las que se ensamblan á caja y espiga las tablas *tt*, *t't'* que forman las huellas. En su construcción no se siguen las reglas que para las demás respecto á anchos y alturas, pues el sitio en que se colocan, que es generalmente en fábricas, almacenes, etc., no lo consiente, siendo además poco frecuentadas: se les da por lo común 20 centímetros de anchura y otro tanto de altura. Cuando se hallan á la intemperie, hay necesidad de colocarles de trecho en trecho por debajo de las tablas, varillas ó tirantillas de hierro *p*, *p'p'*, con una cabeza en un extremo y una tuerca en el otro, á fin de evitar que las zancas se desunan, saliéndose de las ranuras las tablas *t't'*. Por la parte inferior *ac* se acostumbra cubrirlas con tablas para darles mayor resistencia y estabilidad.

También esta escalera se construye con zancas escalonadas *(fig. 1553)*, clavándose entonces ó atornillándose las tablas de las huellas en los cantos horizontales, con lo que pueden evitarse las varillas ó tirantes de hierro. Muchas veces se cierran los frentes de los peldaños con tablas que se clavan en los cantos verticales de las zancas, que conviene en este caso sean inclinados, formando el escalonado de ángulos agudos, de modo que resulten más anchas las huellas para que pueda sentarse bien el pie del que sube ó baja.

Esta clase de escaleras tiene poca aplicación en edificios y solo se emplean para desvanes de poco uso ú otras dependencias y para servir de auxiliares durante la construcción. En las escaleras de uso frecuente, sean principales ó excusadas, se adoptan

en su construcción las diferentes disposiciones que se van á explicar.

1395. ARMADURAS DE ESCALERAS SOBRE ZANCAS RECTAS DE MADERA.— Comunmente en las escaleras de ida y vuelta y en las de ojo *(figs. 1511* y *1513)*, cuya meseta es corrida, las zancas son vigas de más ó menos escuadría *ad (fig. 1554)*, que descansando por la parte inferior en el segundo peldaño ó en una solera *od*, se ensamblan por la superior en una carrera de meseta *a* que puede estar sostenida por pies derechos *oa*. En esta carrera se ensamblan á caja y espiga los maderos *ac* que han de formar el piso de la meseta ó mejor se apoyan en una contracarrera fijada con pernos en el costado de la carrera.

También se entrama el descanso con maderos de suelo paralelos á la carrera, pero en este caso hay que evitar que ésta se doble en sentido lateral por el esfuerzo horizontal que en ella ejerzan las zancas, empleando codales ó tacos entre unos y otros, como se indicó para los suelos (896). Análogamente se coloca la zanca *ae* estribada en la carrera *a* y apoyada contra la de la meseta superior *eh*. Ésta se forma algunas veces con la prolongación de los maderos de suelo *hh'* de la crujía inmediata, en cuyo caso la carrera *e* es un brochal en el que ensamblan las extremidades de dichos maderos.

En los costados interiores de las zancas, se practican las escopleaduras y cajas que sean necesarias para que en ellas apoyen los extremos de las huellas y contrahuellas, de la manera que más adelante se explicará al tratar de la construcción de los peldaños.

Por el lado de la pared se adosa ó empotra muchas veces una *contrazanca* que hace juego con la zanca que da al ojo de la escalera y tiene el mismo oficio que ésta. La contrazanca lleva un corte rectangular en su extremo inferior *(fig. 1555)*, para adaptarlo al primer peldaño *P* y en el superior se corta oblicuamente para ensamblarle con la pieza *A* en la que descansa el entarimado ó solera del descanso, reforzándose la ensambladura de dichas piezas con una banda angular *ana* y un perno *nn'* que las atraviesa. La pieza *A* que pertenece á la meseta descansa por su extremo *ecdg* en el muro de caja y sirve de apoyo á otra pieza *B* que se ensambla angularmente con la anterior por medio de los cortes indicados con las mismas letras en ambas piezas. Análogamente, la pieza *C*, cuya situación es paralela á la *A*, se ensambla con la *B* por los cortes *hk* y sobre la pieza *C* descansa la contrazanca *D* del tramo siguiente, reforzándose su unión con la banda angular *ana* y el perno *nn'*. En estas piezas están indicadas las escopleaduras que deben practicarse en la cara de la contrazanca para recibir las tablas que constituyen los peldaños.

1396. Los descansos de los cambios de dirección, como los *A* y *B* de la *fig. 1513*, se forman haciendo una cruz de San Andrés con una viga colocada en la dirección *cb (fig. 1556)*, llamada *báscula* y otro *ea* ensamblado con ella á media madera, que toma el nombre de *palanca* y se empotra de 20 á 25 centímetros en el ángulo *a*, pudiendo completarse este entramado con piezas *ec*, *eb* que refuerzan el extremo *e* donde apoyan las zancas. En ciertos casos, la palanca y la báscula son viguetas de hierro I de 10 centímetros, que pueden colocarse una sobre otra ó dividirse la palanca *pn* en dos *on*, *op*, uniéndose á la báscula *xx* por medio de escuadras, lo mismo que á las zancas. Este ensamble se adopta cuando es poca la altura que haya disponible para el suelo del descanso, pues de no ser así conviene que monte una pieza sobre otra. Cuando las escaleras son de servicio y no tienen más de 80 centímetros de anchura, la báscula y la palanca pueden ser hierros I de 8 centímetros de altura y aun barras planas de 3×5 c/m y hasta de 4×4.

1397. Se facilita la construcción de esta clase de escaleras levantando en los ángulos de la luz pilares de fábrica, columnas de hierro ó postes de madera *P*, *P (fig. 1557)* que toman el nombre de *almas* ó *espigones*, descansando en ellos las zancas *Z*, *Z* por medio de un ensamble á caja y espiga; pero este procedimiento es de muy mala vista y va cayendo en desuso, por más que presenta una gran firmeza. Se adopta, sin embargo, cuando esta es la condición principal que ha de tener la escalera.

Los espigones se reducen á la parte *es (figura 1558)* que abraza el ensamble de las zancas con algún exceso, el cual resulta pendiente por abajo. Este espigón puede servir por arriba como pilarote de la barandilla reduciendo su grueso, y se redondea muchas veces por el lado *a* de los peldaños para que la vuelta sea más cómoda y agradable á la vista, pero teniendo cuidado de que las aristas de los peldaños *7* y *16* no rebasen el punto medio de las curvas, pues de otro modo se sobrepondrían los peldaños *6* y *7* y los *15* y *16*, estorbándose mútuamente. Lo mejor es hacer que dichos escalones ter-

minen en los puntos que dividen las curvas en tres partes iguales. En esta disposición las huellas de los peldaños *6*, *7*, *15* y *16*, son más largas que las de los demás, teniendo este exceso en curva para adaptarse á la redondez del alma ó espigón, y las contrahuellas correspondientes resultan también de mayor longitud. Los descansos ó mesetas se forman de la manera explicada en el párrafo anterior y representada en la *fig. 1556*.

1398. ARMADURAS DE ESCALERA CON ZANCA CONTINUA.—Las zancas son hoy generalmente seguidas para cada piso, desde el primero ó segundo peldaño, y entonces, tanto en los tramos como en las vueltas, se hacen de la misma escuadría, dándoseles por lo común una altura ó espesor de 30 á 35 centímetros y un grueso de 8, que se aumenta un milímetro por cada centímetro que la anchura de la escalera pasa de un metro. Los ángulos que forman estas zancas en los cambios de dirección, se redondean haciéndolos cilíndricos, en cuyo caso se llaman *cubillos*.

Estas vueltas presentan helizoidales su cara superior é inferior y cilíndricas las de los costados, por lo que deben hacerse de madera dura, cuidando que las fibras queden verticalmente. Se empalman con la parte recta de las zancas á caja y espiga, según aparece en la *fig. 1559*, asegurándose la unión por medio de bandas de hierro *bd* de 40 á 45 milímetros de anchura por 7 á 9 de grueso, las cuales quedan embutidas en la cara superior é inferior de las piezas que unen, fijándose en ellas con fuertes tornillos.

Esta ensambladura es difícil de ejecutar y los carpinteros suprimen las espigas abriendo en ambas piezas, á tercio de madera, una caja para alojar una falsa espiga *acca (fig. 1560)*. Se hacen también las espigas á tercio de madera *dccd (figura 1561)* en la mitad superior del espesor de la pieza *A*, penetrando en una caja abierta en la otra pieza *B*, la cual lleva á su vez otra espiga *acca* que penetra en la caja de la pieza *A*. Lo más común, sin embargo, es adoptar las disposiciones indicadas en la *fig. 1562*. En la *A* el empalme consta de tres cortes, el del medio horizontal y los otros dos verticales; en el *B* el del centro es también horizontal y los otros perpendiculares á las caras superior é inferior de la zanca, pero aunque se emplean mucho son de poca estabilidad y menos todavía la ofrece el figurado en *C*, cuya única ventaja es que ocasiona poca pérdida de madera.

Todos estos empalmes se aseguran con bandas de hierro como la *bd (fig. 1559)*, bien atornilladas á lo largo de las caras superior é inferior, dándoles 40 milímetros de anchura por 7 de grueso, con la longitud que exija el empalme. También se fortifica éste por medio de pernos *pn (fig. 1563)* de unos 70 centímetros de longitud y 18 á 22 milímetros de grueso, cuyas cabezas se alojan en cajas abiertas hasta el centro de la madera, donde se practican los taladros para la introducción de dichos pernos.

Las partes de zancas que son rectas se hacen de una sola pieza, y si la vuelta ha de componerse de varias se procura que las diferentes partes tengan la misma dimensión y curvatura con objeto de que puedan labrarse con un solo patrón ó plantilla para cada una de sus caras.

1399. Cuando la escalera es de forma circular, la zanca se construye del mismo modo ó se compone de varias tablas delgadas amoldadas sobre una porción de cilindro llamado camón y encoladas perfectamente entre sí. Al extremo inferior se les hace un corte de espera para ajustarlo al primero ó segundo peldaño, que generalmente es de piedra y el extremo superior se sujeta á la meseta de desembarque.

En la construcción de esta clase de escaleras conviene asegurarse de que las zancas no puedan huir arrastrando consigo los peldaños ó separándose de ellos; y para evitarlo se sujetan contra las paredes por medio de pernos ó llaves de hierro colocadas debajo de los peldaños, dándoles la forma de cola de pescado ó de *T* por el extremo que ha de empotrar en la pared y poniendo una tuerca con su rosca por el otro, que queda embebida en la zanca para que no sobresalga.

Por lo común las zancas resaltan por debajo y por encima de los peldaños presentando molduradas sus aristas.

1400. Las zancas se hacen también escalonadas ó con redientes, cuya disposición presenta un aspecto más atrevido y ligero que las precedentes. La moldura que bordea los peldaños da vuelta presentándose su retorno ó costado de la luz de la escalera, como se indica en *dd*, *bb (fig. 1564)*, produciendo una decoración racional perfectamente motivada. La escuadría ó espesor útil *ad* que queda para la zanca, no ha de ser menor de 10 centímetros para que presente la solidez mínima posible, suponiendo que su grueso tenga 8 $^{c}/_{m}$ cuando menos.

Los descansos se forman con la báscula y palanca de que se ha hablado, ensamblándose ésta con el cubillo de la zanca á caja y espiga, según se representa en la *fig. 1565*, cuya ensambladura se refuerza, además, con un perno *pn* que penetra por el centro de la espiga cayendo su tuerca en una caja *n* abierta en un costado de la palanca. El apoyo de la zanca escalonada en la meseta se verifica ensamblándola con la carrera y reforzándola con una escuadra de hierro embutida en la parte inferior de una y otra y sujeta con tornillos.

1401. La ejecución de esta clase de zancas exige grandes cuidados, una gran precisión en la labra de los diferentes trozos y una gran fijeza en los refuerzos de hierro, y aún así, por consecuencia del gran número de juntas y de la desecación de la madera, las uniones ó ensambles concluyen por abrirse y las piezas se alabean ó tuercen, resultando un aflojamiento y debilidad en la zanca, y algunas veces una desnivelación de los peldaños que se inclinan entonces del lado que están al aire ó sea por el ojo de la escalera.

Como en las escaleras de zancas rectas, se pueden apoyar en postes ó columnas las zancas curvas, aunque lo común es hacerlas sin apoyo alguno, sosteniéndolas por la sola trabazón de sus partes y la precisión con que ajustan sus empalmes y refuerzos.

1402. CONSTRUCCIÓN DE LOS PELDAÑOS DE MADERA.—Las escaleras de madera, como las de los demás materiales, deben descansar sobre un macizo de fábrica que les sirva de cimiento para aguantar su peso. Sobre él se asienta el primero y aun el segundo peldaño, que se hacen por lo regular de sillería, encajando el superior en una caja poco profunda practicada en la huella del anterior con objeto de que no pudiendo resbalar el uno sin el otro, puedan resistir mejor el empuje que producen la zanca y la escalera. El extremo libre de estos peldaños ó sea el que da al ojo de la escalera, se recorta dándole la figura de voluta (1375). Los demás peldaños apoyan por uno de sus extremos en las zancas y por otro en las paredes de la caja de la escalera, ya simplemente abriendo en ellas una caja ó ranura, ya adosándoles contrazancas, á las que se ensamblan como en las zancas, cuyo sistema es preferible porque de esta manera se evita la humedad que resulta del empotramiento. Las contrazancas se sostienen como las carreras para los entramados de suelo, por medio de hierros en forma de grandes alcayatas *(fig. 657)* de unos 2 $^{c}/_{m}$ de grueso ó por los pernos indicados en las *figs. 656* y *658*.

Por la parte superior, en la unión de los peldaños con las paredes, se acostumbra hacer resaltado un zócalo rampante para ocultar la junta, cuya arista superior tiene la inclinación que determinan los ángulos ó bordes de los peldaños, limitándose unas veces por una línea tangente á ellos y otras á una altura de 10 á 20 centímetros por encima.

1403. Los peldaños se forman con dos tablas *(figs. 1566 á 1568)*, una para la huella *ah* y otra para la tabica ó contrahuella *T*, las cuales se ensamblan á ranura y lengüeta de cualquiera de las maneras indicadas en las figuras, es decir, con la lengüeta en un lado de la tabla y no en el centro, para que el juego de la madera pueda producirse sin ser visible, jugando la lengüeta en la ranura, lo que no sucede cuando aquélla se encuentra en el medio del canto de la tabla. El ensamble se fija con tornillos embutidos por su cabeza en la huella, para evitar el desagradable ruido ó rechinamiento que ésta produce al pisarla cuando tiene flexibilidad y se ha levantado separándose de la lengüeta. Los extremos de la huella y de la tabica encajan en los costados de las zancas y contrazancas dando la profundidad de 3 á 4 $^{c}/_{m}$ á las escopleaduras que en éstas se practican y que están marcadas en las piezas de la *fig. 1555*. Se asegura, además, esta unión empleando á trechos varillas de hierro ó tirantillas que enlazan la zanca con la contrazanca, impidiendo su separación mediante la cabeza y rosca con tuerca que llevan en sus extremos.

Cuando las zancas son escalonadas, la huella y la contrahuella ó tabica se atornillan en los cantos de los redientes, reforzando la unión con escuadras de hierro por debajo, como aparece en la *fig. 1569*. Las tablas de huella tienen volada sobre el costado de la zanca la misma moldura que adorna el borde de su frente, en su unión con la tabica, de la cual sobresale formando una pestaña, como se indicó que debían hacerlo los mampirlanes y representa la *fig. 1547* en *aa*.

1404. Pocas veces se dejan por debajo al descubierto los peldaños de las escaleras, cuando se forman de esta manera, á no ser en obras poco importantes ó en las que, por el contrario, quiere dárseles un aspecto grandioso. En este caso, el techo de los descansos se hace de artesonado y la tabica y huella se molduran por sus cantos ó se ocultan con molduras, como es un ejemplo la *fig. 1570*,

donde la huella lleva corrida una moldura por su canto y la tabica tiene las ménsulas.

1405. Se emplean en algunos casos peldaños macizos de madera *ecs (fig. 1571)*, que se adosan ó encajan en las zancas *xn* por escopleaduras poco profundas, fijándose por fuertes tornillos cuyas cabezas deben quedar embutidas en el costado exterior de dichas zancas para que no sobresalgan, ó por medio de escuadras de hierro igualmente embutidas en la cara inferior de la zanca y del peldaño. Estas escuadras pueden sustituirse por barras ó bandas atornilladas á la zanca y que tengan tantos brazos á escuadra como peldaños, con objeto de que éstos puedan sujetarse con tornillos. Los peldaños se unen también unos á otros por medio de pernos ó pasadores de hierro, como en las escaleras suspendidas de que luego se hablará y aparecen de puntos en la *fig. 1572*.

1406. Se forman también los peldaños con fábrica de ladrillo ó de mampostería sentada sobre un forjado que se establece como para los suelos, valiéndose de las zancas y de travesaños sujetos ó ensamblados en ellas para formar un entramado. Se enluce en este caso el frente ó tabica ó se reviste de azulejos ó baldosines, formando la huella con estos materiales ó con una losa, como se ha dicho para las escaleras de fábrica (1391).

1407. ESCALERAS SUSPENDIDAS DE MADERA.—Pueden hacerse como las de sillería (1384), cuyos peldaños macizos de una pieza se empotran fuertemente en la pared por uno de sus extremos y se apoyan unos en otros en una anchura *dc* de algunos centímetros, reforzando las ensambladuras con pernos, pues la flexibilidad de la madera y las alteraciones atmosféricas hacen que los peldaños se tuerzan y se separen unos de otros. Los pernos llamados *llaves* han de unir los peldaños dos á dos, de manera que á cada peldaño le atraviesen dos llaves.

El *A, A'* se enlaza con el *B, B'* por medio de la llave *ee*; el *B, B'* con el *C, C'* por la *vv*, y así sucesivamente, cuidando que cada dos pernos se hallen uno al lado del otro, que apoyen sus cabezas y tuercas en las juntas á fin de que la presión se ejerza bien sobre ellas y que se hallen colocadas lo más cerca posible de la cara inferior de los peldaños para disminuir el brazo de palanca y por consiguiente el efecto del peso que obra sobre cada peldaño. Suele, además, ponerse para asegurar este enlace, una banda ó barra plana que se atornilla en la cara inferior *ha*, la cual puede ceñirse, si se quiere, al costado que forma el ojo de la escalera, dándole de este modo mayor resistencia. Los peldaños llevan una moldura por su borde delantero, la cual, como en las zancas escalonadas, da vuelta *bc* al costado que forma el ojo.

La estabilidad depende en estas escaleras de la firmeza del primer escalón y de la sujeción del último del tramo; además, la madera debe estar seca completamente, pues si no lo está se abren las juntas y quedan las uniones flojas, no pudiéndose apretar las tuercas de las llaves ó pernos sin desmontar la escalera.

1408. Se construyen pequeñas escaleras aisladas completamente de las paredes y apoyadas sólo por sus extremos inferior y superior. Los peldaños son en este caso macizos y se sujetan unos á otros, como se acaba de explicar, ó se ejecutan en el taller con zancas escalonadas en las que se ensamblan los peldaños.

Han de fijarse sólidamente por su parte superior para que tengan estabilidad, y no deben construirse más que en sitios donde el servicio que hayan de prestar sea solamente para la comodidad de las personas y no para pasar por ella mercancías ú objetos pesados.

1409. ESCALERAS DE CARACOL Ó ESPIRALES.—En estas escaleras, el árbol ó nabo *(fig. 1573)* es generalmente de una sola pieza, en la cual se abren cajas ó muescas unas encima de otras siguiendo la rampa, para que en ellas entren por un extremo las huellas y contrahuellas ó tabicas de los peldaños que por la otra extremidad apoyan del mismo modo en la zanca espiral *abc*. El ensamble de las dos partes de cada escalón debe ser el indicado en la *fig. 1568*, á fin de que la huella descanse sobre la tabica que tiene más sólido empotramiento en el árbol y en la zanca. Ésta debe estar compuesta de piezas que tengan todas las mismas dimensiones, la misma pendiente y la misma curvatura, ensamblándose unas con otras, como se ha dicho anteriormente *(figuras 1559 á 1563)*, y reforzándose, como allí, con pernos ó llaves y con bandas ó barras fijadas con tornillos, las cuales pueden extenderse á toda la zanca embutiéndose en la cara inferior ó en la lateral. La estabilidad se asegura, además, empleando largos pernos que pasen por debajo de los peldaños y enlacen la zanca con el árbol oprimiendo con las tuercas las tres partes, zanca, peldaños y árbol. Se refuerzan

también estas escaleras colocando escuadras de hierro de brazos largos ó cartelas en cada cuarto de revolución, cuyas escuadras se fijan por medio de tornillos y pernos en la cara inferior de los peldaños y en el árbol. En ciertas escaleras se dispone una cornisa en espiral de más ó menos vuelo, formada en el mismo árbol ó fijada fuertemente en él para servir de apoyo á los peldaños.

Cuando el árbol no pueda ser de una pieza, es necesario que cada trozo tenga mayor longitud de la que abraza una revolución completa de la escalera.

Para armar estas escaleras se empieza por establecer el árbol y después ensamblar en él los peldaños, terminando por fin con la zanca.

1410. En algunos casos se construyen pequeñas escaleras, cuyos peldaños son macizos y tienen cada uno la parte correspondiente de árbol, como si fueran de sillería *(fig. 1538)*; pero entonces se atraviesan todos los trozos de árbol por un fuerte barrón vertical que, á modo de perno, los reune sólidamente.

1411. Si la escalera está encerrada entre paredes, la construcción se simplifica por tener los peldaños apoyados por un extremo en el árbol central y por otro en las paredes donde se empotran. El riesgo de que estas entregas se pudran se evita apoyándolos ó ensamblándolos en una contrazanca adosada á las paredes, como se ha dicho al tratar de la construcción de los peldaños (1402).

Un caso semejante al anterior es el de las escaleras cuyos peldaños se sostienen por su extremo exterior en columnas de madera ó hierro que sirven al mismo tiempo de balaustres para la barandilla.

1412. En las escaleras que tienen un ojo circular en el centro, como muestra la *fig. 1574*, los peldaños se apoyan en dos zancas en espiral compuestas de piezas iguales en cada una de ellas, ensambladas y reforzadas como en el caso anterior, y unidas ó enlazadas con los pernos que aquí las aprietan contra el peldaño interpuesto entre ellas. Se procura hacer las zancas del menor número posible de trozos para que las ensambladuras sean las menos al montar la escalera, cuya operación se verifica empezando por ensamblar los peldaños á los trozos de la zanca exterior, para lo que se emplean puntales que sostengan provisionalmente las piezas y terminando el armado de la escalera con la colocación de la zanca interior, asegurando últimamente las dos en el piso superior de desembarque.

Pueden estas escaleras construirse sin zancas ni contrazancas haciendo los peldaños macizos de madera y enlazándolos dos á dos por medio de pernos lo mismo que se dijo para las de tramos rectos, según aparece en la *fig. 1575*, donde representamos aparte un peldaño aislado *A*.

En las dos clases de escaleras espirales anteriores es de gran importancia para su solidez que estén bien sujetas por sus extremos para que queden completamente fijas: el inferior en el primer peldaño que á su vez se empotra en el macizo de cimentación y el superior en una viga del techo que no pueda tener ningún movimiento de flexión, ni horizontal ni vertical.

ARTÍCULO IV

Aplicación del hierro á la construcción de escaleras.

1413. CONVENIENCIA DEL HIERRO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ESCALERAS. —Por la ligera forma que como consecuencia de su mayor resistencia admite el hierro, se aplica con preferencia á los materiales pétreos y á la madera cuando el carácter arquitectónico del edificio no lo impide ó la economía no se impone como condición principal. Las escaleras de fábrica exigen espesores que algunas veces son un obstáculo para su trazado y construcción y las de madera tienen también gruesos de consideración, no se prestan bien á ciertas formas que el hierro salva fácilmente, la mano de obra en estos casos es muy difícil y costosa, y finalmente, además de su combustibilidad pierden con el tiempo la nivelación de los peldaños, por consecuencia de los asientos del conjunto y del desgaste, haciéndose inevitables el resbalamiento del pie y las caidas. El hierro, por el contrario, se amolda á las formas más complicadas sin perder resistencia con los empalmes ó ensambles, sus gruesos son insignificantes, y el espesor que resulta en la armadura de las escaleras es mucho menor que en las otras, pudiéndose aprovechar más altura entre los tramos que se sobreponen.

Ya hemos visto la aplicación del hierro á mampirlanes (1391) y á la formación de descansos (1396), pues este material se une no solo consigo mismo, sino con los demás. Pero aunque la armadura sea metálica, rara es la escalera que se construye

completamente de hierro, si no es en talleres ó en pequeñas escaleras exteriores ó de servicio y lo general es que las huellas se formen con losas de mármol ú otra piedra ó con madera, pues el hierro, aun con estrías ó resaltos, resulta resbaladizo con el tiempo.

Las condiciones especiales del hierro fundido que lo hacen quebradizo y la facilidad con que se obtienen los hierros laminados, limitan la aplicación del primero á las escaleras y solo se emplea cuando la anchura es menor de un metro y no está expuesta á choques ni grandes cargas. Por esto tiene su empleo adecuado en la construcción de las escaleras espirales ó de caracol, cuyo uso está limitado al servicio exclusivo de las personas y en la formación de peldaños en algunos casos.

1414. ESCALERAS LIGERAS DE HIERRO.—La aplicación más sencilla del hierro, es para poder subir ó bajar en los pozos y en las chimeneas, donde se colocan de cierta en cierta altura unos agarraderos ó asideros, que no son otra cosa que hierros redondos ó cuadrados que se acodillan por sus dos extremos *(fig. 1576)* para introducirse en la pared, asegurándose en el empotramiento por las uñas *u*, en que terminan.

1415. Se hacen chaperas ó planos inclinados como los de madera *(fig. 1548)*, formándolos con dos ó más hierros de T ó doble T, colocados según la pendiente, sobre los que se fijan hojas de palastro estriado ó cuadrículas salientes para que no sean resbaladizas, evitándose así la colocación de los travesaños *aa*, á no ser que la pendiente sea muy fuerte, en cuyo caso hay que fijar con tornillos unas barras planas que hagan el oficio de los listones en las de madera.

1416. La escala de mano se forma de dos montantes ó barras planas puestas de canto *(fig. 1577)*, que generalmente terminan en forma de arco por la parte superior, para poderse enganchar en los salientes de las paredes ó de las techumbres, ó en los garfios de amarra que tienen algunas de éstas. Los escalones son barras redondas ó cuadradas, que se remachan por sus extremidades contra los montantes, después de atravesarlos, sustituyéndose algunos por pernos de cuatro cabezas para mantener los montantes invariables en su posición.

1417. Para construir de hierro las escaleras de molinero, se emplean palastros ó hierros laminados para zancas y los palastros estriados ó cuadriculados para huellas, sujetándolos en aquéllas *(fig. 1578)* por medio de hierros angulares *ee, e'* que se fijan con roblones, lo mismo en la zanca que en la huella. También se disponen con zancas de hierros [*(fig. 1579)*, pudiendo entonces avanzar las huellas por los costados fuera de las zancas, haciendo más anchas las escaleras. El palastro de las zancas se dispone también en escalones *(fig. 1580)*, y en este caso las huellas *aa* descansan sobre su canto, fijándose en los hierros angulares *ee* por medio de tornillos ó de roblones.

En todos estos casos se acostumbra reforzar el borde ó arista de las huellas con cantoneras ó hierros semiredondos, sujetos con tornillos cuando por su anchura ó por las cargas que han de aguantar no sea bastante resistente ó rígido el palastro de dichas huellas.

Cuando se quieren fijar estas escaleras en un sitio determinado, se asegura el pie de las zancas en un sillar *P, P' (fig. 1578)* por medio de hierros angulares *ss, s'* roblonados en aquéllas y asegurados en la piedra con pernos, cuyo extremo se abre para empotrarlo con plomo ú otro medio. También pueden asegurarse las zancas, empotrando sus extremos inferiores en un macizo de mampostería *(figura 1580)*, en cuyo caso debe dárseles una base de apoyo por medio de hierros angulares *H*, á fin de que no obren de canto en la fábrica, pues podrían desunirla.

1418. ARMADURAS DE HIERRO EN ESCALERAS DE TRAMOS RECTOS.—Cuando la escalera está dispuesta entre dos paredes que la limitan por sus costados, fácil es establecer un enrejado por medio de hierros *B (figs. 1581* y *1582)*, que se disponen horizontalmente uno debajo de cada escalón y se empotran por sus extremos en dichas paredes, enlazándose unos con otros por varillas cuadradas ó redondas *V*, que los atraviesen. Este enrejado recibe después tejas ó trozos de teja, para hacer el forjado de los peldaños con cascote y yeso, los cuales se defienden como indican las figuras y se explicará más adelante. Los hierros *B* pueden encorvarse ligeramente en forma de arco á fin de dar al forjado la apariencia y robustez de una bóveda, si las paredes presentan la suficiente resistencia para aguantar el empuje que esta forma ocasiona.

Haciendo los peldaños con huellas de piedra ó madera de una pieza, pueden descansar sobre hierro de I ó de [como se ve en la *fig. 1583*, asegurándose entonces en su posición con clavijas que

pueden atravesar el hierro especial como en *a* ó fijarse en él con un roblón como en *b*.

1419. La escalera aislada más sencilla está como la de molinero, formada de dos zancas paralelas, en las que se fijan los escalones de huella estriada *(fig. 1584)* y que estriban por la parte inferior en un cimiento corrido *B* de una zanca á otra, ó en sillares que forman el primer peldaño, en el que se fijan por escuadras y pernos. Por su parte superior, las zancas apoyan contra la pared *P*, en que tiene su desembarque la escalera, empotrándose en ella para su estabilidad, por lo que el último peldaño lo forma la coronación de dicha pared que es de sillería ó de ladrillo á sardinel.

1420. Si se quiere un descanso en la parte superior, se hace que las cabezas de las zancas *Z (figura 1585)* se apoyen en las de otras vigas *V*, colocadas horizontalmente y dispuestas en la misma dirección, uniéndose ambas piezas por medio de planchas de cubrejunta *eb* roblonadas á ellas.

Cuando la escalera consta de un tramo arrimado á una pared *A (fig. 1586)*, tiene solo una zanca, y si el forjado para los escalones ha de sostenerse con los hierros indicados en las *figs. 1581 á 1583*, se empotran éstos en la pared por una de sus extremidades y se ensamblan por la otra en la zanca, para cuyo fin se corta uno de sus brazos ó alas y se dobla el otro de la manera indicada en las *figuras 147 ó 157*.

La zanca, cuando se ha de formar descanso, se puede apoyar contra la pared *B, B' (fig. 1586)*, encorvándola según se indica de puntos, en vez de formarse de dos piezas como en la *fig. 1585*; entonces, el forjado de fábrica entre las dos zancas forma una bóveda de enrejado metálico. Por su pie, también se puede encorvar la zanca para empotrarse en el cimiento cuando el primero ó los primeros escalones son de fábrica de pequeños materiales. Si estos escalones son de sillería *(fig. 1587)*, se fija la zanca en la piedra empleando escuadras que deben roblonarse por uno de sus brazos en la zanca *Z* y por el otro con pernos *P* empotrados y emplomados en el sillar ó sillares, á los que se sujetan dichas escuadras por medio de tuercas aplicadas en los extremos libres de los mismos.

En la *fig. 1588* se representa un ejemplo de escalera de tramo seguido que apoya en un poste *P* y tiene volado el descanso ó meseta *M*, mediante la disposición de cartelas que se da á los hierros que constituyen la cabeza inferior de la zanca. Ésta se compone de dos hierros *abd, cre, stf*, ambos de sección T unidos á trechos por planchas *E*, el primero de los cuales sirve de asiento á los peldaños y forma la meseta y el segundo se encorva para apoyarse en el poste *P* que es de sección cruciforme, de la manera que indica el detalle *(fig. 1589)*, y las secciones *Z* y *X* detalladas en las *figs. 1590* y *1591*.

Las zancas de palastro son muchas veces escalonadas *(fig. 1592)*, empleándose planchas de 7 á 9 milímetros de grueso. Los empalmes, que siempre son necesarios por la poca longitud de los palastros, se hacen en escalón *esc* ó á junta recta como indica la *fig. 135*, y los recortes del ángulo entrante *(fig. 1592)*, donde ha de encajar ó entrar el retorno de las huellas, se hacen con perfil curvo *o* cuando éstas son de piedra para acomodarse al canto de ésta, y en cortes rectos *r* si son de madera.

La contrazanca *(fig. 1593)*, puede hacerse de retazos de palastro, recortado cada uno á la forma exigida por uno ó dos peldaños y unidos todos por barras planas *aa* en las que se roblonan. La contrazanca queda unas veces aparente haciendo juego con la zanca y otras embebida en el grueso de la pared, ocultándose en el revoque ó enlucido.

1421. Los tramos que dan á una meseta corrida *(fig. 1594)* formada de viguetas empotradas en las dos paredes laterales como en un suelo, tienen su zanca apoyada contra la vigueta exterior *av*, sujetándose por medio de escuadras *es (fig. 1595)*. Cuando la vigueta tiene un ala saliente en la línea que ha de formar la nariz ó arista del último peldaño del tramo, lo que sucede empleando hierros de I como en el caso que examinamos, hay necesidad de cortársela en la parte que corresponde á los peldaños para que su salida no sea un tropiezo al que sube. Para evitar que estas viguetas se doblen horizontalmente con el esfuerzo de flexión que produce el empuje de la zanca, se acodalan con travesaños *cd (fig. 1594)*, los cuales se ensamblan con ellas por medio de escuadras *E (fig. 1595)*, yendo á empotrarse por el otro extremo en la pared ó á ensamblarse también por medio de escuadras en una vigueta adosada á dicha pared, haciendo de contrazanca. Si el descanso se forma de varias viguetas paralelas á la exterior, se introducen codales entre ellas para que transmitan el empuje á la pared del frente.

La zanca que ha de formar el tramo siguiente *cfv (fig. 1594)*, estriba en la vigueta *av* cuya fle-

xión se evita con el codal *eb*. La estribación se ejecuta de un modo análogo al de la zanca inferior empleando escuadras *es (fig. 1596)* y la vigueta transversal *T* para contrarrestar el empuje.

Muchas veces, para formar la meseta corrida y recibir la zanca inferior y la superior, se dispone una viga resistente formada de dos gemelas, en cuyo caso generalmente se oculta con un forjado. En la *fig. 1597* se detalla uno de estos casos, en el cual la zanca *Z, Z'* es escalonada de palastro y se fija en el alma de la vigueta exterior *vv, v'* por medio de una escuadra *E* sujeta con roblones. La plancha *dd, d'd'* que oculta la viga por el ojo de la escalera, se une á ésta interponiendo unos tarugos de madera *D, D'*, que están taladrados para dar paso á tornillos *T, T'*, cuya punta penetra en la plancha y enrasa con ella por su cara exterior. Esta plancha puede ensamblarse con la zanca por medio de una escuadra interior *ec* que se roblona con la opuesta *E*. La zanca del tramo superior ensambla de una manera análoga con la vigueta y con la plancha, como demuestra la *fig. 1598*, en la que se indican estas piezas con las mismas letras.

Los ángulos de la zanca por el lado del ojo de la escalera, se redondean casi siempre con un radio de 40 centímetros cuando menos para que no sea muy pendiente el pasamanos: se les da la curvatura á las planchas de la zanca ó se dejan rectas, fijando otras supletorias, como se indica de puntos en las plantas de las figuras anteriores.

1422. Los descansos, donde cambia de dirección una escalera volviendo normalmente, pueden formarse de báscula y palanca como para las escaleras de madera (1396) y se indica en la *fig. 1556*, apoyando la zanca *ne* (que aquí es de hierro) en el extremo libre *n* de la palanca y asegurándose la unión por medio de escuadras fijadas por uno de sus lados con roblones y pernos. Más seguro y sencillo es que la zanca sea continua *(fig. 1599)*, desde el punto inferior de partida *e* hasta el desembarque *d*, donde se apoya contra la viga *vv* de la meseta corrida en que termina esta parte de la escalera. En los ángulos *a, c* han de ser los escalones redondeados. Otras veces, cuando la zanca inferior se apoya en la pieza *V (fig. 1585)*, ó se encorva, como se indica de puntos en la *1586*, la zanca del segundo tramo *B (fig. 1600)* se apoya ó estriba en la *ba* ensamblándose en ella por medio de las escuadras indicadas en *c*, y para evitar que la *ab* se doble con el empuje de la *cd*, se dispone como codal una vigueta *ce* ensamblada del mismo modo en el punto de encuentro *c* y que va á empotrarse en la pared *A* ó á ensamblarse en la contrazanca de este lado, cuando existe esta pieza supletoria.

Del mismo modo que en las escaleras de madera (1397), pueden tener las de hierro apoyadas sus zancas en almas ó columnas de hierro y reducirse estos apoyos á espigones colgantes, que son de hierro colado por lo general, uniéndose por medio de escuadras, las cuales se roblonan á las zancas y se fijan con pernos al espigón.

1423. MEDIOS DE MEJORAR LAS ZANCAS EN SU RESISTENCIA Y ASPECTO.— Los hierros empleados en zancas tienen por su poco grueso una gran tendencia á torcerse ó alabearse y es preciso por lo tanto que se procure conservar su alma ó nervio en situación vertical, arriostrándolos con las contrazancas ó con las paredes de la caja por medio de codales cuando no sean bastantes las huellas y contrahuellas.

Se da también rigidez y mayor resistencia á las zancas, adornándolas al mismo tiempo, cuando se las contornea con hierros moldurados como los que representa la *fig. 1601*, los cuales se fijan con tornillos cuya cabeza queda embebida en el grueso de las planchas, no saliendo la punta por la moldura para que no la afée. Las zancas escalonadas *(fig. 1602)*, se refuerzan también roblonándoles una ó dos cantoneras en su borde inferior *aa*, especialmente en el caso de que haya poca anchura disponible entre dicho borde y el ángulo interior *d*, formado por la huella y la tabica.

En escaleras cuyos tramos son anchos y largos y han de recibir grandes pesos ó gran afluencia de personas, se hacen las zancas de celosía ó enrejado como las vigas.

1424. Los ángulos que forma la zanca, se redondean dándoles mejor aspecto, lo mismo cuando es continua que cuando se forma de más de una pieza, para lo cual se presta bien el palastro que puede doblarse en frío si su espesor ó grueso es menor de 10 milímetros.

El palastro puede también decorarse por medio de calados dispuestos donde no le quiten resistencia, como los *A* de la *fig. 1593*, y esto lo mismo es aplicable en las partes rectas que en las curvas.

Cuando conviene ocultar el hierro de las zancas, se envuelven en una forma más ancha hecha con mezcla, según indica en sección la *fig. 1603*, que

corresponde á una zanca de enrejado. Si ésta es de palastro ó de hierro laminado que no presentan huecos que retengan la mezcla, se les hace un tejido con alambre de un modo análogo al que indica la *fig. 1604*, enganchándolo en agujeros practicados de 10 en 10 centímetros en las cantoneras ó alas de los hierros que forman el esqueleto de la zanca. Para que el relleno de mezcla tenga el grueso suficiente, se disminuye la altura á la osamenta metálica y se le da en cambio mayor grueso. Al hacer el forjado debe tenerse presente la colocación posterior de la barandilla para dejarle los huecos donde hayan de fijarse los balaustres, no haciendo el enlucido, que generalmente es de estuco, hasta no estar colocada aquélla.

1425. La rigidez del hierro se une á la amplitud de forma de la madera, para permitir la colocación de barandillas sobre las zancas, si se forman éstas de ambos materiales, como indica la *figura 1605*, fijando dos planchas verticales *aa*, *cc* en dos piezas de madera. Se da á aquéllas un grueso de 4 á 5 milímetros en el exterior ó sea del lado que da á la luz de la escalera, y de 7 á 8 en el interior para recibir el ensamble de los peldaños. Este sistema, que reune á la solidez del hierro todos los recursos decorativos de la madera, resulta caro y solo conviene en ciertas obras.

1426. FORMACIÓN DE LOS PELDAÑOS ENTRE ZANCAS DE HIERRO.—Si las zancas son de suficiente resistencia, así como los descansos, pueden voltearse bovedillas entre ellas y la pared para forjar encima los peldaños como en el caso de las *figs. 1581* y *1582*. También pueden establecerse forjados á modo de suelos inclinados en los tramos y horizontales en los descansos para formar encima los escalones. En ambos casos se defiende su arista ó nariz *A* por medio de mampirlanes de hierro y se reviste su huella con un solado. Las cantoneras que se emplean para este objeto en las escaleras hasta de un metro de anchura, suelen ser de 40 milímetros de brazo.

Lo ordinario es, sin embargo, hacer los escalones de losas de piedra, de madera ó de hierro ó de estos materiales combinados, fijándolos en las zancas de diversas maneras.

Los peldaños, cuando se componen de tabica y huella de madera *(fig. 1606)*, se fijan en la zanca haciendo que el extremo de la huella descanse sobre una escuadra *es*, uno de cuyos brazos, el vertical, puede venir roblonado del taller ó sujetarse con pernetes en la zanca. Sobre el otro se asegura la huella *ah* por medio de tornillos ó pernetes, cuya cabeza superior se embute en la madera para que no resalte y sea un tropiezo. El brazo horizontal de la escuadra debe tener bastante anchura para que los taladros donde se alojan los pernetes no estén junto al canto de la madera porque la rajarían, ya sea en el acto de abrir dichos taladros, ya cuando se contrae la madera en tiempo seco.

Las huellas de piedra no tienen este inconveniente, pero en cambio están expuestas á partirse por el medio de su longitud, y para evitarlo, deben estar apoyadas en hierros especiales, por lo general angulares, como el indicado de puntos en *A*, y que se llaman *subtabicas*, yendo desde la zanca á empotrarse en la pared, abriendo ó doblando su extremidad, ó á ensamblarse en la contrazanca. Para el ensamble con una ú otra zanca se les quita parte de su brazo horizontal *adc (fig. 1607)* y se dobla á escuadra el vertical *ab*, tomando la posición *a′c′b′*, para de este modo fijarlo en la zanca por medio de un pernete que atraviese por el taladro *n* y por el correspondiente practicado en aquélla. Con esta disposición el hierro angular trabaja con sus dos brazos, lo que no sucedería si se doblase el brazo horizontal, como se comprende fácilmente.

Se dispone también esta subtabica de manera que reciba entre sus brazos el canto interior de la huella, como la *aeg* de la *fig. 1608*, sujetándola por medio de tornillos *T*, y entonces el hierro se fija en la zanca y contrazanca, cuyo brazo vertical *es* puede venir del taller roblonado ya en la zanca y contrazanca, sujetándose luego en el lado horizontal *ec* la subtabica por medio de un pernete ó de un roblón que le dé la resistencia del empotramiento y sirva á la vez de riostra entre la zanca y la contrazanca. Se pueden suprimir las escuadras de ensamble *ecs* y fijar la subtabica directamente en las zancas *(fig. 1609)*, cortándole la parte *cd* de su trazo vertical y doblando á escuadra y hacia abajo la parte horizontal *ca*, para que tome la posición *ca′* por medio de la cual se asegura en las zancas, empleando pernetes, cuyos taladros se indican en la figura.

Las huellas se establecen igualmente sobre dos hierros angulares como los representados en la *figura 1610*, que corresponden á un tramo de escalera de 1^{m}70 de anchura. Descansan estas huellas sobre dichos dos hierros, uno como subtabica *S* y otro como contrahuella ó tabica *T*, para cuyo

objeto tiene éste un brazo vertical de la anchura necesaria para que él solo la forme ó constituya. Ambos hierros se ensamblan por un extremo en la zanca, cuya sección representa la *fig. 1605* y por el otro en la contrazanca, disponiendo sus extremidades como aparecen en la *fig. 1607*. Los dos hierros *S* y *T* (*fig. 1610*), se enlazan en el medio de su longitud para mantener su paralelismo, por medio de riostras *R*, cuyos tornillos de sujeción penetran en la huella.

Cuando la contrahuella es de madera ó de piedra, todo el peso del peldaño carga sobre la subtabica y por lo tanto el de las personas y objetos que hayan de pasar por la escalera. En este caso, el hierro que se emplea para subtabica es de sección de doble T ó de ⊏, sosteniéndolo por sus extremos en escuadras *E* (*fig. 1611*), en cuyo brazo horizontal se fijan con pernetes ó tornillos ó por medio de escuadras laterales *A*. En estos casos conviene fijar la huella en la cabeza superior de la subtabica con algunos tornillos *T*, así como el ensamble de la huella y contrahuella, por medio de dos ó tres escuadras *C*.

1427. PELDAÑOS DISPUESTOS SOBRE LAS ZANCAS.—Cuando los peldaños se han de establecer encima de las zancas, se dispone un escalonado con barras planas de hierro, como se indica en la *fig. 1587*, las cuales se fijan sobre la cara superior de dichas zancas por medio de roblones ó pernetes, decorándose con otros hierros la parte triangular que resulta. Las huellas y tabicas de madera se fijan por sus extremos en estos hierros por medio de tornillos ó pernetes (*fig. 1612*), cuidando que las cabezas *a* de los de las huellas queden embutidas en la madera para que no sean un tropiezo. Las de las tabicas *ee'* se embuten igualmente, aunque pueden servir de adorno si se les da la figura adecuada para ello. Conviene que las extremidades de las huellas sobresalgan fuera de la zanca, como se observa en la sección, para que el taladro del tornillo ó pernete *nn*, *n'n'* esté lejos del canto de la madera y no la raje. Las contrahuellas se ensamblan á ranura y lengüeta en las huellas superior é inferior, quedando así aprisionadas y pudiendo, por lo tanto, reducirse á un tornillo delgado la sujeción con la barra escalonada.

Las tabicas, cuando son de palastro, se hacen caladas para su mejor aspecto, como se ve en la *fig. 1613*, reforzándolas por lo común en su canto superior con hierros moldurados *cd*, que permiten emplear planchas de poco grueso, cuya circunstancia facilita el calado. Se fijan con tornillos en la barra escalonada y en el canto interior de la huella inferior.

Empleándose losas de piedra para formar los peldaños, su unión con las barras tiene que hacerse por medio de pernos, cuya cabeza se introduce en la piedra y se fija en ella con mastic ó plomo derretido, asegurándose la tuerca del otro extremo contra la barra, después de atravesarla.

Aunque las huellas y contrahuellas pueden empotrarse en la pared por el extremo que da á ella, esto solo debe efectuarse cuando son de piedra, mas no cuando son de madera porque ésta puede pudrirse; entonces se emplean para sujetar dichas piezas unas barras dobladas en ángulo recto (*figura 1614*), cuyas extremidades acodilladas se abren como se ve en *A* y *B*, para fijarlas en la pared. La huella se apoya en la parte horizontal *H* y la tabica se adosa á la vertical *V*, fijándose una y otra de la misma manera que en el escalonado de la zanca.

También se sujetan entre sí la tabica y la huella empleando barras planas dobladas á escuadra (*figura 1615*), uno de cuyos brazos, el horizontal *ad*, tiene en su extremo *d* un agujero por donde penetra la extremidad fileteada de la escuadra superior *dc*, después de atravesar la huella *H*, sujetándose este enlace por medio de una tuerca *d*, *d'*.

1428. CONSTRUCCIÓN DE PELDAÑOS SOBRE ZANCAS ESCALONADAS DE PALASTRO.—Para que la huella de un peldaño pueda descansar sobre el canto horizontal de una zanca escalonada de palastro (*fig. 1616*), se roblona en él un hierro angular *ee*, *e'* fijándose aquélla sobre el brazo horizontal de éste por medio de tornillos *T*, *T*, *T'*, cuya rosca entra en la huella cuando ésta es de madera: si es de piedra, se emplean pernos con la cabeza empotrada en ella, según se ha indicado antes. Cuando son de madera, conviene que su extremo *a* sobresalga fuera de la zanca, con objeto de que haya alguna distancia desde el canto al taladro de los tornillos *T*, *T'*, á fin de que no se raje la madera. Para que el palastro de la zanca se mantenga vertical, se disponen de trecho en trecho unas traviesas, que unas veces son de hierro angular *A*, *A'* y se fijan por el medio indicado en la *figura 1607*, y otras veces son de sección T, en cuyo caso se les corta parte de su nervio y se dobla su cabeza, según aparece en *A'*, *A''* (*figura 147*), ó se quita ésta y se dobla el nervio, como se

representa en *A′ (fig. 148)*. Las traviesas se empotran por el otro extremo en la pared ó se ensamblan en las contrazancas del mismo modo que en las zanzas.

Las tabicas ó contrahuellas encajan á ranura y lengüeta en las huellas, como en las escaleras de madera (1403).

Cuando se quiere evitar el alabeo de la huella, si es de madera, ó que se rompa por el medio si es de piedra, se la sostiene á lo largo de su borde inferior con hierros angulares como se indica en *S (figuras 1610* y *1616)*, los cuales se fijan en las zancas de la manera que detallan respectivamente las *figs. 1607* y *1609*. En caso de que la escalera tenga más de un metro de anchura ó haya de recibir grandes cargas, se emplean hierros de ⊏ ó de I como subtabicas, las cuales pueden fijarse en las zancas por medio de escuadras, dispuestas de una de las dos maneras indicadas en *A* ó *E (figura 1611)*. El otro extremo de las subtabicas se ensambla del mismo modo en las contrazancas ó se empotra en la pared.

Las huellas de piedra se sostienen en subtabicas, como las dichas anteriormente *(fig. 1617)*, y su unión con tabicas, también de piedra, puede hacerse como en la madera, con lengüetas en sus cantos horizontales, para encajar en ranuras practicadas en la cara inferior de las huellas, como se indica en *B*, ó empleando espigas de hierro que penetren en ambas piezas, como se ve en *C*.

1429. Las tabicas, cuando son de palastro *(figura 1618)*, tienen un grueso de 3 á 4 $^m/_m$ y se fijan por medio de escuadras *es* en las zancas por un lado y en las contrazancas por el otro, ó se empotran en la pared. Sirven de este modo para sostener la huella y ésta puede descansar entonces por su canto interior en subtabicas dispuestas como la *S* ó como la de la *fig. 1616*. Las huellas pueden también sostenerse por sus extremos en escuadras, como las *ec* de la *fig. 1619*, y en los dos casos, los bordes de las tabicas encajan en ranuras practicadas en las caras superior é inferior de las huellas y éstas se apoyan además en tres escuadras *k* de 35 á 40 $^m/_m$ de longitud, roblonadas en la tabica una en cada extremo y otra en el medio. Es conveniente también sujetar la huella por su canto interior en los ganchos *ng* que han de servir para sostener el cielo raso, empleando tornillos *T*, que deben tener para ello la suficiente resistencia.

Una combinación muy económica está dibujada en la *fig. 1620*. La tabica de palastro tiene roblonada una cantonera *C*, de 40 × 40 por su borde superior, para recibir la huella de madera *H*, cuyo grueso es de 4 á 6 $^c/_m$ y por su canto inferior se fija con tornillos á un listón de madera *M*, que se clava en la huella inferior, por cuyo medio se excusan las escuadras de sujeción con las zancas. Las huellas necesitan apoyarse en subtabicas *S*, que al mismo tiempo sirven de enlace á la zanca con la pared ó la contrazanca.

En la *fig. 1621*, la tabica está atornillada por su orilla inferior en una cantonera *A* que recibe la huella y por el superior en un hierro sección Z, que defiende la nariz ó arista de la huella superior, sujetándola con tornillos. Ambos hierros se fijan en las zancas, doblando sus extremos como en los casos anteriores.

Se puede formar la tabica con dos hierros angulares *(fig. 1622)*, uno de brazos iguales *B* y el otro de desiguales *C*, que se fijan por medio de tornillos, el primero en la cara inferior de una huella y el otro en la superior de la de abajo. Como en los casos anteriores, la huella descansa sobre una subtabica *S*. En vez de los dos hierros angulares dichos, puede hacerse la tabica con una plancha y dos cantoneras de brazos iguales ó un hierro ⊏ como los de la *fig. 1583*.

En la *fig. 1623* las tabicas son hierros angulares *C*, de lados desiguales, á los que se roblona un hierro ⊏ que hace de subtabica sosteniendo el borde interior de la huella. Ésta tiene en sentido transversal dos ó tres ranuras en forma de T, como se ve en el corte *X (fig. 1624)*, en las que entran hierros de dicha sección, que se sujetan por su extremo exterior en una pieza doblemente ahorquillada *(fig. 1625)*, fijada en la tabica *T* con una clavija *c*. Este sistema permite que la madera pueda encogerse y dilatarse libremente con las variaciones atmosféricas y tiene su especial aplicación en escaleras que por su situación están expuestas á caldearse.

1430. PELDAÑOS DE PALASTRO.— Los peldaños con huella y contrahuella de hierro, que se establecen sobre zancas del mismo material en talleres y almacenes, pueden disponerse de varias maneras. En la *fig. 1584* las huellas se atornillan ó roblonan en escuadras fijadas en las zancas y para ensamblarlas con las contrahuellas se doblan sus bordes: el exterior *a* hacia abajo para recibir el canto también doblado de la tabica inferior, y el in

terior *d* hacia arriba para unirse con la tabica superior por medio de pernetes ó roblones. La contrahuella del primer peldaño descansa y se fija en el sillar de asiento ó en el escalón de piedra por medio de escuadras ó hierros angulares *E*.

Empleándose zancas escalonadas puede adoptarse la disposición indicada en la *fig. 1626*, donde las huellas y tabicas se roblonan en cantoneras *C*, *A*, para formar los ángulos entrantes y salientes, y se fijan por sus extremos en la zanca y contrazanca por medio de otras cantoneras *oc*, *os* que bordean el escalonado y que se cortan á inglete para formar el ángulo en *o*. La arista ó nariz del peldaño se refuerza y adorna al mismo tiempo, atornillando á la parte saliente de la huella un pequeño hierro semiredondo ó moldurado *N*, de 30×14 milímetros. Algunas veces se suprimen las cantoneras de las zancas dejando las que unen las huellas con las tabicas *(fig. 1627)*.

1431. En todos casos, el palastro de la huella debe tener cuadrículas salientes ó estrías en sentido de la longitud del peldaño para prevenir los resbalamientos, y conviene que sean fácilmente desmontables para renovarlos cuando el uso los desgaste. El borde ó arista debe redondearse empleando un hierro especial, ú otro medio, á fin de que en caso de caída no lastimen las aristas vivas.

Las tabicas de palastro pueden hacerse caladas según dibujos caprichosos que les dén buen aspecto *(fig. 1613)*, y los tornillos que las sujetan deben quedar siempre embebidos en su grueso no apareciendo al exterior. Los hierros angulares que hacen de subtabicas, cuando van empotrados en la pared, se abren para sujetarse en la fábrica de la misma.

1432. PELDAÑOS DE FÁBRICA ENTRE ZANCAS DE HIERRO.—Disponiendo un enrejado como el formado por los hierros *B* y las varillas *V* de las *figs. 1581* y *1582*, pueden hacerse los peldaños de fábrica entre zancas de hierro, lo mismo que entre paredes. Así se ve en el ejemplo de la *fig. 1628*, en la que aquéllas son de enrejado N y están encorvadas por su pie para apoyarse en una placa de fundición *F* empotrada en el cimiento, sirviéndoles de pie dos hierros angulares ó escuadras que por uno y otro lado enlazan los extremos *a* y *b* de los largueros *aerv* y *bcc*. Por su parte superior, estos largueros y uno de los brazos *A* de la zanca se fijan en la viga del descanso *cv* por medio de escuadras, de la manera que indica la figura. Los peldaños se forman de fábrica de mampostería, ladrillo ú hormigón, figurando por su parte inferior unos arcos *egr* apoyados en hierros angulares pareados *e*, *r*, ó en otros equivalentes de sección T que se fijan con escuadras al larguero inferior *av*. El borde ó arista de los peldaños se defiende con cantoneras *N*, *N* que se fijan por sus extremos sobre la zanca y contrazanca, si la hay, empleando hierros cuadrados acodillados *shc* de manera que puedan recibir encima dichas cantoneras y fijarse con pernetes ó roblones en la zanca. El macizado de los peldaños empieza por el inferior encajando la fábrica entre el hierro angular *a* y el plano *o* que se dobla por sus extremos para sujetarse en las cantoneras *ab* que forman el pie de las zancas. El frente ó tabica afecta un perfil curvo entrante *od* que con los arcos ya indicados aligeran el forjado de los peldaños disminuyendo la carga que han de soportar las zancas, por más que presenta muy mala vista en la parte inferior de la escalera. El último peldaño que corresponde al descanso se forma con una cantonera *c* que asienta sobre la viga *cv* sirviendo de borde y defensa al solado de la meseta.

Las planchas, tablas ó losas que han de formar las tabicas y las huellas, se colocan después del forjado cuando el edificio tiene terminados los pisos superiores para evitar que se estropeen durante la obra con el paso de los materiales.

1433. ESCALERAS RECTAS CON PELDAÑOS DE HIERRO FUNDIDO. — Rara vez se emplea el hierro colado para escaleras de tramos rectos y de cierta anchura, aplicándose sólo en las espirales ó de caracol por la gran facilidad de su montaje. Examinaremos aquí, sin embargo, la formación de las rectas por las aplicaciones que puedan tener en casos especiales donde no sea inconveniente la fragilidad de dicho material.

Las escaleras de molinero se construyen disponiendo cada peldaño y las partes de zanca que van sobre él de una sola pieza compuesta de una huella, sobre la que se levantan normalmente dichas zancas, cuyos cantos superiores han de tener unos rebordes hacia dentro para que sobre ellos descanse la huella superior que se sujeta con pernetes, á cuyo efecto tendrán los taladros correspondientes, así como las huellas.

En otra clase de escaleras cuyos tramos sean rectos, la huella y la contrahuella se hacen de una pieza *(fig. 1629)*, volviendo la segunda hacia atrás por su borde inferior *db* para unirse con la huella

sobre que descansa por medio de pernetes *P*, y ocultándose la junta con un reborde moldurado *R* que lo mismo puede formar parte de la huella que de la tabica. La huella se mantiene unida con la zanca y contrazanca, que son de palastro, por medio de hierros angulares *es* que pueden sustituirse por rebordes verticales que tengan dichas huellas.

Mejor disposición que la anterior, es hacer las juntas de unos peldaños con otros normales á la inclinación ó pendiente de la escalera *(fig. 1630)*, sujetándose entonces con pernetes los rebordes ó caras de unión *cd*, *cd*, por cuyo medio todos los peldaños forman un conjunto resistente que alivia á las zancas de gran parte de la carga. Especialmente cuando las zancas son escalonadas, es muy conveniente esta unión porque la resistencia de aquéllas está reducida á la de la parte que hay debajo de los peldaños, cuya anchura en este caso es la de la cara de unión *dc*.

Las huellas de fundición se hacen estriadas ó con rebordes por su cara superior como las de palastro, dotándolas de nervios por la parte inferior como se indica con la línea de puntos *aa*, cuando se quiere darles más resitencia. Las tabicas se hacen caladas según dibujos más ó menos complicados, con objeto de que, sin perder su resistencia, tengan el menor peso posible para no sobrecargar la zanca inútilmente.

1434. Se hacen las escaleras suspendidas ó geométricas, con los peldaños de igual forma que los de sillería *(fig. 1533)*, pero huecos, dando al hierro de las paredes un grueso de 15 milímetros próximamente. Se sostienen por su empotramiento en la pared de la caja de uno de sus extremos y por la cara de unión de unos con otros, la cual se hace normal á la pendiente y se asegura con tres ó cuatro pernetes que aprieten con fuerza las caras de unión.

Generalmente se forman los peldaños sin la cara inferior ó cielo raso, pero con la parte correspondiente del retorno ó cabeza que haya de formar el ojo de la escalera, dándoles la sección de la *figura 1630*.

El enlace con la pared de la caja es muy importante en estas escaleras para su seguridad y se efectúa empleando pernos *P* que se sujetan por una cabeza en la zanca ó retorno y por el otro en la pared donde se empotran, abriéndolos en cola de carpa.

1435. ESCALERAS CURVAS DE HIERRO.—La figura de abanico con ojo circular, elíptico ú oval, es muy adoptada en las escaleras de hierro, porque este material demuestra en ella sus ventajas. Los peldaños empotrados en la pared curva de la caja se ensamblan con gran seguridad en las zancas por medio de escuadras y aquéllas se forman fácilmente con palastro, cuidando de que las hojas sean de grandes dimensiones y que las juntas caigan en lo más estrecho, asegurándolas con cubrejuntas. Los taladros para los pernos ó roblones de sujeción se practican antes de dar la curvatura á las planchas, trazando para ello el desarrollo de las zancas y las líneas de junta con los peldaños, con lo cual no queda más que cimbrar el palastro con el martillo y armar la escalera, cuidando de que los trazos verticales estén aplomados. Las tabicas, unidas á la zanca por medio de escuadras, la sujetan perfectamente para que no huya y se forman generalmente como indica en sección la *fig. 1631*, cuando las huellas se hacen de madera, que es lo más conveniente. Para mayor seguridad, se arriostran las zancas con las contrazancas por medio de pernos colocados de trecho en trecho; y si no hay contrazancas, los pernos se abren en cola de carpa por el extremo que, en este caso, ha de ir empotrado en la pared.

El caso que está dibujado en la *fig. 1632*, está contenido en una caja formada de entramados de hierro de 15 $^c/_m$ de espesor, comprendidos los enlucidos, siendo imposible, por lo tanto, el empotramiento de las tabicas en una pared tan delgada. Cada tramo en vuelta ó curva de la escalera apoya en cinco cartelas de palastro de 11 $^m/_m$ de grueso, cuyos extremos exteriores se fijan entre los dobles montantes metálicos del entramado, como indica el detalle (Z), empleando para ello pernos. Por el lado interior, las cartelas se ensamblan en la zanca por medio de fuertes escuadras. Las tabicas que se fijan de este modo en la zanca, se ensamblan por la otra extremidad en una contrazanca de palastro que da vuelta á toda la caja. Esta escalera tiene una luz de 1^m90 y está preparada para recibir un ascensor de 1^m20, separado suficientemente de la barandilla.

1436. ESCALERAS DE CARACOL.—Tienen estas escaleras su árbol ó nabo de hierro fundido, de 8 á 14 centímetros de diámetro, según es la longitud de los peldaños, y la zanca de palastro de 3 á 6 $^m/_m$ de grueso, fijándose en estas dos piezas las tabicas, también de palastro, que son las

que reciben ó sirven de apoyo á las huellas. Para ello, las tabicas, cuyo grueso es de unos 3 $^{m}/_{m}$, se ribetean con cantoneras en sus cuatro orillas y por medio de ellas se fijan en el árbol y en la zanca, empleando pernetes ó tornillos. Las huellas, que son generalmente de madera, apoyan en las cantoneras superiores, sujetándose en ellas como ya se ha dicho en otros casos, adoptándose mucho la disposición indicada en la *fig. 1631.* Se da gran solidez á estas escaleras, haciendo pasar pernos *ep (figura 1633)* á través del árbol *A*, por debajo de cada peldaño, en cuyo caso puede aprovecharse su extremidad exterior *e* para sujetar los balaustres *B* de la barandilla y reducirse la zanca á una barra plana.

1437. Haciéndose de hierro fundido la escalera, cada peldaño ó cada dos peldaños llevan la parte correspondiente de árbol *A (fig. 1634)*, el cual encaja por enchufe en el inferior *B* y se asegura además con pasadores ó pernetes *ac*. Las juntas de unos peldaños con otros, que pueden ser como las de la *fig. 1629*, se aseguran también con pernetes, haciéndose más sólidas en ocasiones por medio de los balaustres de la barandilla, cuya espiga inferior entra en orejas salientes *a, a' (figura 1635.*

Los peldaños con su cubo ó parte correspondiente de árbol, se disponen algunas veces simplemente superpuestos unos sobre otros, pero en este caso deben entrar todos los cubos en un cilindro vertical de hierro, sea hueco ó macizo. Los cubos se hacen también macizos y entonces están atravesados por una barra vertical de hierro forjado, cuyo extremo inferior se empotra ó asegura en el cimiento y el superior se sujeta fuertemente en una pieza de hierro colado que cubre y remata el árbol.

Los peldaños primero y último, ó sea de embarque y desembarque, han de asegurarse respectivamente en el suelo ó cimiento y en el descanso de llegada.

En algunos casos se suprime completamente la tabica en esta clase de escaleras, como se ve en *A (fig. 1636)*, y en otros se reduce á un nervio *aecb* que presta un apoyo con el pie *b*.

1438. ESCALERAS DE DOBLE OJO EN FIGURA DE OCHO.—Las escaleras que en planta presentan un tramo seguido en vuelta, formando los dos ojos de un ocho *(fig. 1637)*, son de un efecto excelente y no resultan tan incómodas para su uso como las de caracol, pudiendo desarrollarse en poco terreno, como lo demuestra la figura en planta, alzado longitudinal y transversal. La primera vuelta tiene en su ojo de 0^{m}60 de diámetro, una columna central *a, a' a'*, en la que cuatro cartelas *C, C', C'', C'''*, dispuestas en la situación que detalla la *fig. 1638*, vienen á repartir la carga de esta parte del ocho. La parte superior va á apoyarse en el descanso *cdc, c'd' (fig. 1637)*, que se forma con las viguetas salientes del piso de desembarque ó con cartelas fijadas en la pared *cc*, pudiendo también apoyarse como el primer ojo, en cartelas sujetas sobre una segunda columna dispuesta en el centro de éste. Estas escaleras se construyen también con cuatro columnas, dispuestas en los puntos de intersección *x, x, x, x*, que forman las zancas en la planta ó proyección horizontal.

Las cartelas *ort* se fijan en las columnas por medio de collares *o, r*, disponiendo la última ó más alta *C'''*, de modo que no pueda tropezar la cabeza de los que suben ó bajan por la escalera, á cuyo fin debe estar fuera de la parte del tramo que cae sobre el inferior, como sucede en el caso actual.

Los peldaños cuya huella es de madera, están dispuestos con tabicas formadas de palastro y cantoneras, como indica la *fig. 1631*, cortándose estas últimas á inglete en los ángulos de las extremidades, según detalla la *fig. 1639*.

ARTÍCULO V

Barandillas ó antepechos de escalera y revestido inferior de las mismas.

1439. OBJETO Y ALTURA DE LAS BARANDILLAS.—Por el lado de la luz de una escalera ó por ambos, cuando está completamente aislada, se establece el antepecho ó barandilla, que, como en los balcones (682), evite la caida de alguna persona y sirva además de apoyo con su pasamanos al que usa la escalera, dándole para ello una altura de unos 92 $^{c}/_{m}$ en la parte inclinada, medidos en la vertical trazada por la arista ó borde de los peldaños y de 97 $^{c}/_{m}$ en los descansos ó partes horizontales.

Si en el ojo de la escalera ha de establecerse un ascensor, la barandilla se debe separar de él lo suficiente para evitar el efecto de guillotina que se produce cuando pasa cerca. Convendría en este caso levantar la barandilla ó hacer un enrejado en

toda la caja, dejando libre el pasamanos para que cumpla su objeto.

El antepecho estriba por lo general en un pedestal como el de la *fig. 1534*, para recibir un jarrón, estatua ó candelabro y consta de un zócalo *zz* y de una albardilla ó pasamanos *aa*, separados por un paño de baranda *B*, que unas veces es liso y otras se adorna con labores ó bajos relieves. La construcción, cuando es de sillería, se sujeta á las reglas que se dieron en el párrafo 611, contribuyendo en las escaleras á evitar el resbalamiento los pedestales que se colocan en los cambios de dirección. El paño de baranda, si es de ladrillo ó mampostería, tiene fácil ejecución por la adherencia del mortero que impide su resbalamiento, mas si se hace de sillería, se forma con losas colocadas verticalmente, las cuales encajan en ranuras practicadas en el zócalo y en la albardilla, uniéndose unas con otras á ranura y lengüeta. Por lo general, las losas forman recuadros, valiéndose de otras más gruesas pero más estrechas, haciéndose aquéllas caladas ó no, como en las balaustradas *(fig. 1506)*. En todos casos, se previene su resbalamiento interponiendo entre ellas y el zócalo ó albardilla unos tacos de piedra ó espigones de hierro.

Cuando el paño de baranda lo constituyen balaustres, debe tenerse cuidado, además de lo dicho al tratar de las balaustradas (1357), de que no puedan resbalar, introduciendo para evitarlo una espiga en *E (fig. 1640)* en la unión del balaustre con la zanca ó zócalo y con el pasamanos ó albardilla y mejor estableciendo uno ó dos planos horizontales de ajuste, sea en los balaustres como aparece en *ac*, en cuyo caso hay que hacer una caja de asiento en la zanca ó barandal inferior y otra en el superior, sea haciendo en éstos los resaltos *rs* para el asiento de los balaustres, tomando siempre con mortero fino la junta con objeto de que haya alguna adherencia entre las piezas que componen el antepecho, lo cual no debe excusar la colocación de la espiga, que si es de hierro se emploma y si de piedra se recibe con cemento.

1440. BARANDILLAS DE MADERA.—Se forman algunas veces de un simple pasamanos que se enlaza con la zanca ó con un barandal inferior por medio de pilarotes *P, P (fig. 1544)* con que principia y termina. Sin embargo, no solamente para resguardo de los que se sirven de la escalera, sino también para dar resistencia á la barandilla, se divide ésta en tramos por montantes *B, B* que se refuerzan con cruces de San Andrés, cuyos bra zos, así como los balaustres, tienen menos escua dría que los pilarotes y barandales, ensamblando e ellos á caja y espiga por sus extremidades. Se sus tituyen también las aspas con balaustres más pró ximos entre sí que los montantes anteriores y á lo que se da una escuadría de 5 á 8 centímetros, ma tándose generalmente las aristas con chaflanes *(fi gura 1641)*, que dan mejor aspecto á la barandill y evitan el riesgo de los rozamientos. Para est mismo objeto se redondea el pasamanos en su can to superior haciéndolo suave al tacto. Los balaus tres se hacen también como los de piedra, aunqu más delgados, por medio del torno *(fig. 1642)*.

Se hacen igualmente estos antepechos sin ba laustres ni aspas, constituyendo esta parte con ta blas verticalmente colocadas de canto, las cuale entran á ranura y lengüeta en los barandales ha ciéndose en sus bordes de contacto unos recorte caprichosos *(fig. 1643)*.

1441. BARANDILLAS DE HIERRO.—E antepecho de hierro que más comunmente se em plea, se forma como en los balcones (682) de ba laustrillos verticales, remachadas sus extremidade en las barras planas ó barandales que aquí son in clinados, teniendo cuidado, como ya se ha dicho, d que no queden más de 13 centímetros de espaci entre los balaustres para evitar desgracias. Se for man también con tableros de palastro que puede ser llenos ó calados, encajándolos en barandales pilarotes. Este medio puede tener aplicación en la partes curvas para unir tramos rectos de barandill hecha de otra manera.

Las barandillas dan principio en el primero segundo peldaño *(fig. 1554)*, con un balaustr más grueso ó pilarote *P* como en las de madera, e cual se establece también en los cambios de direc ción *P' P''*, aunque más sencillos generalment como se observa en la figura. Estos pilarotes se su primen cuando las zancas son curvas, en cuyo caso ambos barandales son corridos ó solo el pasama nos, como se ve en la *fig. 1557*.

El primer pilarote descansa en el peldaño d piedra *sr (fig. 1644)*, en el que se abre una caj para que entre la espiga *E* de aquél, asegurándose con plomo derretido ó con azufre. El pilarote cuando no es de piedra el primer peldaño, se pro longa hasta el cimiento haciendo su extremo como indica la *fig. 1645*, ó en cola de carpa para que quede encarcelado ó empotrado en la fábrica. Cuan

do es de hierro colado se sujeta en la zanca de un modo análogo al que representa la *fig. 1646.*

El barandal inferior ó solera descansa ó encaja unas veces en el canto superior de la zanca y otras se coloca algunos centímetros por encima, pero proporcionándole entonces apoyos de trecho en trecho que pueden ser las espigas de algunos balaustrillos. Sus extremos se acodillan como se ve en *A* para sujetarse en los pilarotes por medio de pernos.

Los balaustres terminan según el plano inclinado *(figs. 1647* y *1648)* que determinan los pasamanos *mm* y las soleras *ss*, remachándolos en ambos casos en dichos hierros ó barandales, aunque también se unen por medio de codillos como indica la *fig. 1649.*

Los balaustrillos ó barrotes rara vez son lisos: lo general es ponerles una mazorca en el medio y otros adornos arriba y abajo como en los balcones (682), pudiendo ser como éstos, de labor ó de ornamentación, pero teniendo presente aquí que son de mal efecto los perfilados según la pendiente de la escalera.

Las barandillas se acomodan á variados dibujos según se ve en la *fig. 1650*, encerrados entre los barandales *bad, sor*, que, como en este ejemplo, no necesitan arrancar de un pilarote sino de una estribación de hierros encorvados *ebs*. El dibujo se divide en trozos por medio de balaustres ó postecillos verticales *bs, ao, dr*, cuyas espigas superiores van á remacharse en el pasamanos *bad* y las inferiores atraviesan la solera *sor* para fijarse en la zanca y dar estabilidad á la barandilla. Estos postecillos se hacen igualmente acodillados para formar una pata inclinada como la *c* de la *fig. 1651* y fijarse en la zanca con dos pernos. Si se emplean hierros de I para zancas, se hacen estos codos á escuadra y se colocan de manera que resulten horizontales, para que descansen transversalmente sobre aquéllos, fijándose en las alas superiores de los mismos por medio de pernetes ó tornillos.

1442. En las escaleras sin zanca ó que la tienen escalonada, los balaustres pueden fijarse en la huella de los peldaños, emplomando su espiga cuando aquéllos son de sillería y por medio de roscas y tuercas dispuestas debajo de las huellas, cuando son de madera ó de hierro. Sucede, sin embargo, que resultan muy separados si se pone solo un balaustre por peldaño, y si se colocan dos, su altura ó longitud es desigual. Puede en este caso adoptarse el medio que indica la *fig. 1652*, colocando un balaustre por peldaño y llenando el espacio comprendido entre ellos con labores de hierro, ó dividir la barandilla en tramos.

1443. Se obvian estos inconvenientes haciendo *al aire* la barandilla, es decir, de modo que los extremos inferiores de los balaustres, vayan á fijarse en el retorno de los peldaños, ó sea en el costado exterior de la zanca que da al ojo de la escalera, ya acodillándolos, ya fijándolos en soportes, en cuyos dos casos han de separarse del borde saliente de las huellas.

Se acodillan de la manera que indica la *figura 1653*, aplanando su extremidad para fijarla en la zanca con un pernete ó tornillo *n, n'* y sujetarlo un poco más arriba con una grapa *gg, g'*, la cual se fija también con pernetes ó tornillos en la zanca. Se suprime en otros casos la grapa, haciendo más larga la unión con la zanca para colocar dos pernetes ó tornillos, alguno de los cuales, prolongado, puede servir para sujetar dicha zanca á las paredes de la caja de la escalera ó al árbol si la escalera es espiral, como lo hace el perno *ep* de la *fig. 1633*. En escaleras que tienen poca importancia, basta fijar la extremidad del balaustre como se ve en la *fig 1584*, por medio de un pernete *nn*. Es muy común también dar al extremo del balaustre una curvatura *C (fig. 1654)*, con un radio de 6 $^c/_m$ que se llama *cuello de cigüeña*, y sujetarlo en la zanca por medio de una tuerca que entra en la parte *es*, fileteada de antemano, la cual atraviesa la zanca por un taladro practicado al efecto.

Otras veces se terminan los balaustres rectos en una espiga de rosca *ad (fig. 1655)* que atraviesa unos soportes *st*, taladrados al efecto y fijados en la zanca, sujetándose en su posición por medio de una tuerca, que es casi siempre un remate de adorno *d*. Los soportes se reducen á simples escuadras *T (fig. 1578)* en escaleras de servicio, y otras veces, cuando las zancas son de palastro con cantoneras en su borde superior *(fig. 1656)*, se aseguran muy sólidamente haciendo que el barrote *B* pase ó atraviese la expresada cantonera *cr*.

Pueden hacerse pareados los balaustres como en la Intendencia de Pamplona, en cuya escalera principal, con objeto de no degollar los peldaños de piedra *(a)*, se fijaron cada dos balaustres por un

(a) La piedra es arenisca, procedente de Tafalla, de mediana dureza, de grano fino y compacto y de color blanco sucio.

solo punto *(fig. 1657)*, que fueron el medio *c* de la curva de unión. Se empotraron primero en cajas practicadas al costado de los peldaños los soportes *sa (fig. 1658)*, y en ellos se fijó por medio de una tuerca *T* la parte curva que sirve de base á cada dos peldaños y que se representa de costado en *cd*. Sobre esta curva entraron á rosca los balaustres, que son tubos de fundición de 16 milímetros de diámetro exterior, los cuales se unieron por su cabeza al barandal por medio de tornillos que sujetan los dos brazos que cada balaustre tiene en su remate superior. Á este barandal, taladrado á trechos, se atornilló á su vez el pasamanos de nogal barnizado.

1444. El pasamanos de hierro se suaviza acoplándole el semiredondo de la *fig 65*, de la manera indicada en *rr (fig. 1649)*, ó el fileteado de la *fig. 66* que se sujeta como el *md (fig. 1659)*. Lo más general es encajar el barandal de hierro en la cara inferior de una albardilla de madera fina, la cual afecta diferentes secciones, todas redondeadas y más ó menos adornadas con molduras, siendo las más sencillas y empleadas las denominadas *de aceituna (fig. 1660)* y las *de garganta (fig. 1661* y *1662)* ó cualquiera otra forma redondeada como la indicada en la *fig. 1663*. Se sujetan de trecho en trecho al barandal de hierro por medio de tornillos cuyas cabezas se embuten en el mismo para que no sobresalgan y queden ocultos.

Por el contrario, en las escuelas ó donde concurren niños, conviene poner bolas ú otro obstáculo de metro en metro en los pasamanos, para impedir las desgracias que pudieran ocurrir en los niños que tienen tendencia á montar sobre ellos y resbalar hacia abajo.

Por el lado de la pared, aunque se puede suprimir la barandilla porque no tiene objeto, se acostumbra establecer un pasamanos. El más sencillo es una barra redonda *oc (fig. 1664)* que se acodilla por sus extremidades para empotrarla en la pared ó se apoya en soportes *(fig. 1665)*, los cuales se aseguran en la pared por su empotramiento y tienen fuera un ojo por donde pasa la barra, cuyos extremos terminan en forma de bellota ú otro adorno que entra á rosca y se asegura además con una cabilla bien remachada para que no sea fácil sacar el pasamanos de su sitio, especialmente cuando es de bronce ó latón, que tienta la codicia de los rateros. El pasamanos se hace también de madera fina, cuya sección es análoga á la representada en la *fig. 1666*, fijándose en la pared por medio de clavos ó tornillos que entran en nudillos *nd* empotrados en la fábrica.

1445. REVESTIMIENTO INFERIOR DE ESCALERAS.—Las que se construyen de fábrica no exijen más que el retundido de los sillares ó el enlucido, que generalmente se encuadra entre molduras corridas á tarraja. Lo mismo puede hacerse cuando la armazón es de hierro y se maciza el espacio comprendido entre zancas para formar los peldaños (1422), en cuyo caso se procura que presente por abajo superficies y molduras lisas. En las demás escaleras, sean de madera, sean de hierro, se oculta generalmente la estructura de sus peldaños para evitar que sean un depósito de polvo difícil de limpiar y para que presente esta parte mejor aspecto.

1446. En las escaleras de madera esta parte inferior se cierra ó cubre con tablas ensambladas entre sí y con las zancas y contrazancas á ranura y lengüeta, para presentar una superficie lisa que oculte la armazón. Lo más común, sin embargo, es hacerla como los cielos rasos clavando las cañas ó latas en la arista inferior de las huellas *(fig. 1566)* ó en ristreles *a (fig. 1567)* adosados y clavados á ellas; pero estos sistemas tienen el inconveniente de que con la subida y bajada por la escalera se producen vibraciones que causan grietas en el enlucido del cielo raso, y para evitarlo es preciso hacerlo independiente, clavando las latas ó encañizado en travesaños *A (fig. 1568)*, que pueden ensamblarse ó sujetarse de algún modo en la zanca y en la contrazanca, ó empotrarse en la pared cuando la segunda no existe ó se quiere más aislamiento.

1447. Cuando las escaleras son de hierro se hace un enrejado de 20 á 25 centímetros de malla para forjar el cielo raso, cuyos hierros se enlazan con los que sostienen los peldaños. Lo más sencillo es emplear ganchos como los *gs (fig. 1623)* que se introducen por su curvatura superior en agujeros practicados en los hierros que hacen de subtabicas y reciben en su gancho inferior las varillas transversales sobre las que cruzan las longitudinales *vr* para formar enrejado. Los ganchos se hacen también de hierros planos como el *ng* de la *figura 1583*, que por su extremo superior se fija en la tabica por medio de un pernete, y tiene una escotadura en su parte inferior para recibir las varillas *vr* de la pendiente del enrejado, cruzando encima de ellas las transversales *T*.

Estos hierros sirven algunas veces para sostener las huellas, como ya se ha indicado *(fig. 1619)*, en cuyo caso la tabica debe estar fuertemente sujeta por sus extremidades en la zanca y contrazanca por medio de escuadras *es*. Estos ganchos se cuelgan otras veces también de las cantoneras que sirven de apoyo á las huellas, según se ve en las *figs. 1610, 1620, 1621* y *1627*, y también se suspenden de las mismas huellas *(fig. 1618)*, fijándose en su canto interior por medio de tornillos *T*, en cuyo caso debe haber subtabicas que sostengan la huella.

El enrejado de cielo raso se dispone también haciendo que las varillas atraviesen las mismas cantoneras ó hierros que sostienen las huellas, ó formándolas de trozos entre unos hierros y otros, en los que se aseguren por medio de pernetes *(figura 1617)*, á cuyo efecto se acodillan y aplanan las extremidades de dichas varillas *V* para que ajusten bien los pernos de sujeción. Con este sistema no enrasa el cielo raso con el canto inferior de las zancas y éstas se molduran ó revisten como se indica en la *fig. 1603* y *1604*.

CAPÍTULO VII

Calefacción y ventilación

1448. PRELIMINAR.— Como en los climas muy benignos el fuego no tiene en la casa más objeto que cocer los alimentos, la ventilación es fácil porque no habiendo precisión de abrigarse ó defenderse del frío, ni las paredes necesitan ser impenetrables al aire exterior, ni las puertas, si las hay, se cierran para defenderse del aire exterior. Pero en países fríos ó templados, no sólo debe atenderse á la cocción de los alimentos sino á resguardarse de la intemperie y á caldear las habitaciones, y como esto tiene que conseguirse cerrándolas con paredes y techos abrigados, el aire que no se renueva se vicia, mucho más cuando el frío obliga á tener lumbre para calentarse. De aquí que la calefacción y la ventilación, tomada aquélla en el sentido general de dar calor, estén íntimamente unidas y que al tratar de la una se haya de tener presente la otra.

La calefacción ó el caldeo de las habitaciones no ha preocupado hasta hace poco á los constructores, porque no teniendo vidrieras las ventanas ó balcones entraba libremente el aire necesario para la combustión y la respiración y solo se cuidaba de dar salida al humo. Pero hoy que las habitaciones se cierran casi herméticamente y se hacen además más reducidas, es de necesidad que el constructor piense en los medios de procurar aire puro y sano cuando el de las habitaciones ha de ser viciado por la respiración y por la calefacción.

1449. Sabido es que al reducirse á fuego el combustible, se absorbe el oxígeno del aire y se desprenden varios gases, principalmente el ácido carbónico que constituye humo y el óxido de carbono llamado *tufo*, los cuales se esparcen en la atmósfera viciándola, es decir, haciéndola impropia para la respiración. El combustible, pues, necesita aire para quemarse y cuanto más violento sea éste, más activa es la combustión. Y como calentada la zona de aire que rodea al fuego se hace más ligera, tiende á elevarse, comprimida, además, por el peso de las superiores más frías. Ahora bien, si se supone un tubo encorvado en sus dos extremidades y de brazos desiguales, dispuesto como un sifón invertido cuyo brazo más largo contenga aire más caliente que la atmosfera, este aire se elevará para salir por el tubo en razón de su menor densidad ocupando su lugar el del otro brazo en el cual entrará á reemplazarle el de la atmósfera, y si el que afluye al brazo largo se calienta á medida que llega á él, se establecerá una corriente ascensional continua desde el brazo pequeño al grande; por el contrario, si el aire de éste estuviese más frío que el de aquél, la marcha será inversa, del largo al corto. En uno y otro caso, la corriente será tanto más rápida cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre los dos brazos. Esta corriente se llama *tiro*.

ARTÍCULO I

De la producción del calor y de los hogares ordinarios.

1450. PROPAGACIÓN DEL CALOR Y SU MEDIDA.—El calor se propaga por conductibilidad y por radiación: en el primer caso va calentando molécula por molécula todas las partes materiales de un cuerpo, como sucede con una barra de hierro, que expuesta al fuego por un extremo se calienta paulatinamente hasta el otro. En el segundo caso el calor se transmite de un modo análogo

al de la luz, sin que la elevación de temperatura de las partes intermedias sea condición precisa para ello.

La evaluación de la cantidad de calor se hace por *calorías* cuya unidad está determinada por la elevación á un grado centesimal de un litro de agua destilada.

1451. COMBUSTIBLES.—No está fuera de lugar exponer aquí algunas ideas sobre los combustibles más empleados, su valor calorífico y efectos que producen al quemarse.

El *poder calorífico absoluto* de un combustible, es el número de unidades de calor ó calorías desarrolladas por la combustión de un kilogramo de dicho combustible, y *poder calorífico específico*, el número de calorías desarrolladas por un decímetro cúbico del mismo. *Poder calorífico pyrométrico*, es el número de grados centesimales correspondiente á la temperatura desarrollada por la combustión de un kilogramo del combustible.

1452. Aunque todas las *maderas* emiten poco más ó menos igual cantidad de calor cuando están bien secas, se prefieren las duras porque no desprenden tanto humo y se reducen más lentamente á esa brasa compacta que se conserva en el hogar: las blandas arden con demasiada rapidez y las resinosas que se encienden pronto exhalan un olor desagradable de resina, además de dar mucho humo. La leña húmeda ó verde no solamente arde mal y da poco calor, sino que emite vapores muy irritantes para los ojos.

La *turba*, formada de resíduos vegetales carbonizados y el carbón que produce tienen más fuerza calorífica que la leña, se queman por lo regular muy lentamente, producen poco calor, pero dan poco humo.

El *carbón de leña* es poco económico, despide mucho ácido carbónico y exige más precauciones que ningún otro combustible, por lo que no debe emplearse más que para la cocción de los alimentos.

La *antracita* es un carbón fósil que encierra poco azufre, arde sin llama ni humo y es muy difícil de encender, conviniendo á los aparatos de combustión lenta.

La *hulla ó carbón de piedra* es el combustible por excelencia: tiene un poder radiante considerable, pero exige un tiro enérgico á causa de los productos sulfurosos y del polvo que despide. Su valor se juzga en parte por sus cenizas y sus resíduos que están compuestos de arcilla, óxido de hierro, carbonatos y sulfatos diversos. Tiene el inconveniente de aglutinarse cuando arde, excepto algunas especies, y casi todas exhalan un olor de betún ó azufre y hasta cierta cantidad de ácido sulfhídrico si está húmeda. Por esta razón, aunque ventajosa para los caloríferos y estufas, es inferior al cok, bajo el punto de vista higiénico.

El *cok*, que es el resíduo de la destilación de la hulla, es un carbón casi puro que arde sin llama y sin olor. Se enciende con dificultad y se apaga tan pronto como se esparce: pero en una buena chimenea, aunque se cubra de ceniza para moderar la combustión, produce un calor muy agradable y puede conservarse mucho tiempo en ignición cuando se halla en cierta cantidad en un hogar cerrado.

Los *aglomerados* en forma de ladrillos, compuestos de los restos de cok y de hulla recogidos en los depósitos y cimentados con arcilla y alquitrán, se encienden generalmente con más facilidad que el cok, no se apagan tan pronto y dan poco más ó menos el mismo calor, por cuyas ventajas son muy empleados para conservar el fuego en los hornillos.

También se emplea el petróleo y el gas del alumbrado para cocer rápidamente los alimentos, pero su uso es muy peligroso y está reducido á ciertos casos excepcionales. El gas, sin embargo, se emplea en el calentamiento de habitaciones como se verá más adelante.

1453. HOGARES DIVERSOS.—Cuando se hace lumbre en un aposento, hay precisión de dar salida al humo y demás gases de la combustión para evitar la asfixia de las personas por consecuencia del consumo de aire que hace la combustión. El medio primitivo de hacer el fuego en el centro del local y abrir un agujero en el techo que dé salida al humo, no deja de presentar graves inconvenientes para la salud de las personas y para la buena conservación de los objetos. Este sistema era el anterior á Jesucristo y por eso aconsejaba Vitruvio que no se hicieran obras en los techos para que no las echase á perder el humo y el hollín. Posterior es, pues, el establecimiento de los hogares con un cañón ó tubo á continuación que dé salida al humo, y hoy se hacen *abiertos ó cerrados*.

Según sea la clase de combustible que haya de quemarse y el objeto á que se destinan, tienen los hogares unas formas ú otras y se construyen de unos ú otros materiales. En las cocinas se debe recoger la mayor cantidad de calor para cocer los alimentos, y en las chimeneas y aparatos destinados

á caldear las habitaciones se ha de procurar esparcirlo en éstas. Hasta la época actual no ha habido distinción entre uno y otro objeto y la forma y materiales de construcción han sido idénticos; pero hoy que la refinada civilización exige comodidades con la mayor economía posible, se construyen de modo distinto y se emplean diferentes materiales en su construcción y combustibles diversos para producir el calor. Tenemos, pues, aparte de los *hornos* de *pan cocer:* los hogares abiertos, ya sean *chimeneas ordinarias* para la cocción de los alimentos y también calentarse las personas, ya *chimeneas* de *sala*, más ó menos perfeccionadas, para este último objeto y caldear además la habitación donde están situadas, y los hogares cerrados, en cuyo grupo entran las *cocinas económicas* empleadas exclusivamente en cocer los alimentos, y los *aparatos caloríficos* dedicados á caldear los edificios ó habitaciones.

1454. CHIMENEAS ORDINARIAS. — La disposición de una chimenea varía en cada localidad. En unos puntos, el hogar es simplemente el suelo y en otros es una cavidad *H, H'* cuadrada ó circular *(fig. 1684)*, que generalmente se hace sobre un banco más ó menos elevado del suelo, aprovechándose el espacio comprendido entre el hogar y el piso de la cocina para carbonera, con cuyo objeto se establece el hogar sobre una bóveda tabicada *xx*. Por lo regular, en los lados del hogar se dejan unas *hornillas* ó sean cavidades prismáticas ó cilíndricas *o, o,* provistas en el medio de su profundidad, que es mayor que la del hogar, de una rejilla de hierro donde se coloca el fuego, sirviendo la otra mitad inferior de cenicero, para cuya limpieza tienen unas aberturas *a* en los costados de la mesa hogar, que al propio tiempo sirven para que entre el aire y se establezca una corriente de abajo arriba que avive el fuego.

Haciendo de planchas de hierro el suelo del hogar y dejando entre ella y la bóveda inferior *xx* un espacio de unos 10 centímetros de altura, se consigue tener una cámara abrigada donde conservar calientes las viandas después de cocidas.

Sobre la mesahogar y á 1^m70 próximamente del pavimento, arranca el cañón cuya extremidad inferior *nh* es de tal abertura que abarca todo el hogar. Este cañón es unas veces como un cono ó pirámide truncada *negh*, cuya base inferior es dicha abertura y la superior la salida fuera de la cubierta, de 30 centímetros de anchura por 50 de longitud próximamente: en algunos puntos esta dimensión abraza toda la distancia *fk* ó la que hay entre las paredes de la cocina; en otras partes el cañón tiene 30 centímetros por un metro próximamente, desde el techo de la cocina *cd* hasta su salida *eg*, ensanchándose por abajo para recoger bien el humo del hogar y terminando en la misma abertura *nh*. A esta parte piramidal ó cónica se da el nombre de *campana*, denominándose *manto* su fachada de frente, proyectada en *hc*.

Una modificación sencilla que produce gran economía de combustible en las chimeneas, consiste en disponer una canal circular ó recta cuya sección es un trapecio de 30 centímetros en la base inferior y 40 en la superior, la cual se cubre con una plancha de hierro provista de agujeros para colocar las vasijas: el hogar se establece en un extremo de la canal algo inferior á ella, con el cenicero debajo, y del extremo opuesto parte el cañón de la chimenea cuyo diámetro es de 14 centímetros, dando de este modo salida á los humos sin necesidad de campana.

1455. Más perfeccionada que las anteriores es la chimenea *de sala* llamada también *francesa*, que consiste en una especie de nicho cuadrado abierto en la pared ó formado por las *jambas ó lienzos* salientes *L, L (fig. 1685)*, para hacer que la afluencia del aire sea por delante y que sirven de apoyo al dintel ó travesaño sobre el que descansa el *tablero ó mesilla M* y en él el cañón *xy*.

La boca de la chimenea, limitada por los lienzos, la mesilla y el suelo ú hogar, tiene de 1^m60 á 2^m30 de anchura por 1^m60 á 2^m de altura y 0^m60 de fondo próximamente hasta el trashogar *aa*.

Para asegurar un buen tiro en la chimenea, se estrecha el paso del humo en la entrada y en la salida ó sea en el cañón, cuyas dimensiones deben estar en proporción con las del hogar para que el humo pueda elevarse sin encontrar obstáculos. La mejor proporción, dice Pflügger (á la que convendría aproximarse todo lo posible), es aquella que tuviera $0^{m2}07$ de sección en la parte inferior, tomada á 2^m del suelo y $0^{m2}05$ en la superior ó salida. Estas dimensiones no permiten deshollinar; por lo que puede aumentarse hasta $0^{m2}15$ abajo y $0^{m2}11$ por arriba. La campana tendrá por bases el extremo inferior del cañón y la superficie superior del hogar.

La salida de la chimenea por su parte superior, se procura que sobresalga de 40 á 60 c/m del caba-

llete ó cumbre de la cubierta, para que los vientos no varíen en su dirección y no impidan la salida del humo.

1456. CAUSAS DE HUMEAR LAS CHIMENEAS.—Rara es la chimenea que no hace humo y varias son las causas de ello, dependientes unas de su viciosa posición ó de la mala construcción de sus partes, mientras que otras son puramente accidentales ó exteriores, pero muchas de ellas difíciles de averiguar, tanto, que es casi un problema muy imposible de resolver el averiguar la verdadera causa que en cada caso produce el humo. Haremos sin embargo algunas indicaciones.

En las chimeneas que acaban de explicarse, el peso de la columna de aire caliente *dn (fig. 1684)*, es menor que el *nt* de la estancia ó cocina, resultando aquí una presión mayor que debe repeler los productos de la combustión de *n* á *d*, con tanta mayor rapidez cuanto mayor sea la diferencia de peso entre las dos masas gaseosas. Sin embargo, cuando se enciende fuego en la chimenea, se establece la corriente ascensional llamada *tiro* y otra descendente de aire frío en la estancia, sucediendo muchas veces que el humo se esparce por ésta hasta que el aire caliente llena el cañón de la chimenea y sale fuera del edificio, en cuyo caso, la corriente ascendente predomina y el tiro ejerce todo su efecto, si bien con la condición de que á medida que el aire de la estancia cede su oxígeno al hogar, lo reemplace constantemente aire nuevo. De modo, que el tiro depende de la admisión mayor ó menor de aire sobre el fuego ó á través de él. Cuando se admite demasiado ó muy poco, se obtiene una combustión más ó menos lenta.

Por lo tanto, si la estancia está completamente cerrada de modo que no entra nada de aire, llegará un momento en que no podrá elevarse el humo y lo empujará hacia la pieza la presión del aire exterior. Las puertas y ventanas, sin embargo, no ajustan nunca tan perfectamente, sino es en casas recien construidas, que no den el aire necesario. Podría aun humear una chimenea si la masa de aire que entra por puertas y ventanas no fuera igual á la que sale por el cañón, en cuyo caso habría que abrir una ventana.

La sección del cañón ó tubo ha de tener las dimensiones extrictamente necesarias para la salida de los productos de la combustión, pues si es demasiado grande, se establecen á la vez dos corrientes, una ascendente y otra descendente, produciendo humo en la estancia. Conviene también colocar en la extremidad superior del cañón una caperuza cónica más estrecha que aquél, para que el humo salga con velocidad.

Al fijar la situación de una chimenea debe evitarse en cuanto se pueda que haya en frente una puerta, pues que cada vez que se abra ó cierre, ocasionará un trastorno en la columna de aire de la chimenea que esparcirá el humo por la estancia, sucediendo lo mismo con una ventana si está enfrente y se abre. Si hay dos puertas ó ventanas, una frente á otra, el humo seguirá la corriente de aire que se establezca de una á otra. Igualmente, cuando dos habitaciones que se comunican tienen chimenea, puede suceder que el mayor calor de la una, exigiendo más aire, lo tome de la otra, atrayendo el humo que la chimenea de ésta no admite. El remedio, como se comprende, es cerrar la puerta de comunicación.

1457. Humea también una chimenea cuando es muy alta su boca. Una gran abertura en el hogar, deja escapar una gran cantidad de aire á la combustión, con lo que la temperatura del humo baja y disminuye la velocidad de la corriente, no teniendo así fuerza para arrastrar el humo. Por esto, si dos chimeneas tienen un mismo cañón, la que dé más calor producirá en la otra mayor salida de aire y por lo tanto mayor gasto de combustible y tal vez frío en la habitación por exceso de tiro; y si por el contrario, no dejará salida al humo y éste volverá á la habitación.

Colocando los lienzos que limitan el hogar en las chimeneas francesas, normales al trashogar, es fácil que el humo se recoja en los rincones y á poco que se agite se esparza por el aposento. Por esto se deben situar en dirección oblícua, además de que así reflejan el calor á la habitación.

La altura insuficiente del cañón de una chimenea es causa también de que humee, por lo que debe procurarse que tenga de 8 á 10 metros, cuando es tubular y de poco diámetro. Sus dos bocas de entrada y salida deben estrecharse cuando son de reducidas dimensiones. También hacen humo los tubos cuando son demasiado largos y estrechos. Si son muy largos y anchos pueden establecerse dos corrientes que se contrarían.

Contribuyen á entorpecer la salida del humo las asperezas del cañón, ya por estar toscamente construido, ya por el mucho hollín que tenga, pues ambas cosas estorban el paso del humo. La humedad

en las recientemente construidas impide también el paso del humo.

1458. Las causas exteriores que hacen retroceder al humo por las chimeneas, provienen de que los vientos son varios por su naturaleza y por los accidentes, dependientes de la construcción de los edificios, de los tejados, del remate de la chimenea, etc., los cuales por sus diversas posiciones presentan obstáculos á los vientos y crean nuevas corrientes que, concentradas bajo el peso accidental de una presión atmosférica mayor que la suya, tienden por su elasticidad á ponerse en equilibrio precipitándose por lo tanto por el cañón de la chimenea. Por esto debe darse á la salida de la chimenea una elevación tal que domine el caballete del tejado y no situarla contra una pared.

También la lluvia y la nieve empujan al humo hacia abajo cuando el cañón no está cubierto en su remate, pues que condensado el aire se opone á la salida del humo.

Conviene situar las chimeneas en el centro del edificio, para que vayan á la pared más alta, donde el tiro es mejor, los tubos se enfrían menos y el aspecto exterior no se afea.

1459. MEDIOS DE EVITAR QUE HUMEEN LAS CHIMENEAS.—Aunque la averiguación de las causas que producen este mal efecto sea sumamente difícil, no lo es tanto el evitarlo. Casi siempre, el mejor medio de prevenir estos inconvenientes está en dar fuerza al tiro y éste depende de la admisión de aire, como se ha dicho, y de la altura y capacidad del cañón, así como de la intensidad del fuego.

Se ha observado que las estufas humean muy poco ó nada, que existe una gran diferencia entre la relación de la longitud y sección de su tubo con las del cañón de una chimenea ordinaria, y que el aire que sale por el tubo de la estufa tiene siempre un grado de calor más intenso que en las chimeneas ordinarias. Esto aconseja, pues, que deben estrecharse cuanto sea posible los cañones de las chimeneas.

Á Rumfort se debe la idea de estrechar por medio de una lengüeta el extremo inferior del cañón de una chimenea, disminuyendo así la masa de aire frío que escapa de la combustión y los peligros de que retroceda el humo por haber aumentado la velocidad del tiro. Después de Rumfort, Lhomond ideó colocar en la boca del hogar una cortina ó plancha de hierro movible de abajo arriba, que dejando más ó menos abertura da más ó menos paso al aire avivando la combustión y modificando el tiro.

Cuando el combustible se coloca sobre rejillas, Rumfort indica el siguiente medio de proporcionarse aire. Se construye, al mismo tiempo que el cañón, un tubo con sus dos extremos abiertos para que por él haya siempre una corriente de aire ascendente ó descendente, según la dirección que tengan los vientos y sus torbellinos: dos ramales de este tubo pueden tener sus extremos provistos de registros debajo de la rejilla del hogar y en el techo del aposento, y mediante su uso podrá tomarse aire del exterior á voluntad y avivarse más ó menos la combustión.

En las chimeneas ordinarias ya construidas, puede quitarse el humo estableciendo un tubo cuya boca inferior se halle en el trashogar detrás del fuego y la superior á unos 5^{m} en el cañón de la chimenea, estableciendo así una corriente de aire horizontal en el fuego que es la que más activa la combustión, y de abajo arriba en el tubo, que por su pequeña sección tiene el mismo tiro que el de las estufas.

1460. Se evita también el humo, dividiendo la chimenea en cuatro partes iguales desde que sale por cima de la cubierta. Se colocan para este fin dos barras en sentido de las diagonales, si la sección es rectangular y sobre ellas se levantan dos lengüetas ó tabiques verticales que se cruzan en el centro del cañón y terminan en punta para cubrir la chimenea con cuatro vertientes triangulares ó faldoncillos. Dejando otras tantas aberturas en la parte superior de los cuatro costados, se facilitarán salidas al humo, independientes entre sí, de modo que cualquiera que sea el viento que reine habrá una de ellas defendida de su acción y por lo tanto en condiciones para dejar libre salida al humo.

El remate superior de la chimenea influye también en la fácil evacuación del humo, por lo que sirven muchas veces para evitarlo en las estancias ó cocinas, las caperuzas de que luego se hablará.

1461. CONSTRUCCIÓN DE LAS CHIMENEAS.—Únicamente en hospitales, hospicios, cuarteles, posadas, etc., se sitúa la chimenea en el centro de la cocina. En casas de habitación se adosan generalmente á una pared.

Los hogares debe cuidarse no colocarlos junto á piezas de madera, procurando que haya cuando menos 12 $^{c}/_{m}$ de fábrica intermedia. Para ello, cuando la viguería de pisos es de madera, se emplean los

embrochalados (887), en el caso de hacerse el hogar en el suelo, rellenando sus huecos como se ha explicado (904), para que no se caldee la madera. Si las paredes son de entramado, debe éste interrumpirse en toda la extensión de arriba abajo que abarque el cañón de la chimenea y su hogar, sustituyéndolo con fábrica de ladrillo. Asimismo, si el cañón cogiera algún madero de suelo, debe sostenerse por medio de un embrochalado, cuidando siempre de que entre la madera y la superficie interior del cañón haya cuando menos 12 $^c/_m$ de fábrica.

La parte del hogar que ha de recibir la acción del fuego, debe hacerse de ladrillos refractarios ó cuando menos de adobes. Sin embargo, se emplea ladrillo con mezcla ordinaria en la generalidad de los casos, porque es bastante para resistir la temperatura á que ha de estar expuesto el hogar y solo se acude á los ladrillos refractarios cuando el calor ha de pasar de 300 grados, pudiendo emplearse las rocas silíceas, las areniscas, el gneis, la pizarra cuarzosa y algunos pórfidos, porque son materiales refractarios. Algunas piedras, sin ser fusibles, pueden estallar al fuego si están formadas de láminas unidas unas á otras en cierta parte y separadas en otra por capas de aire muy delgadas. Se conoce si un material es ó no refractario, si enrojeciéndolo al fuego y dejándolo al aire se resquebraja ó no.

El mejor mortero para la unión de los materiales es, en todos los casos en que se quiera tener un mal conductor del calórico, una mezcla de partes iguales en volumen de arcilla y corteza de curtir en polvo, la cual impide á la mezcla agrietarse y le proporciona una untuosidad que con la desecación le da una gran firmeza.

El testero de una chimenea ó trashogar se defiende en muchos puntos con una placa de hierro ó una losa de piedra.

La campana se sostiene por medio de un arco volteado de una pared á otra de las que forman los costados de la cocina, ó sobre una viga ó bastidor de hierro ó madera, revistiendo con mezcla la parte de ésta que queda expuesta á la acción de la llama. Sobre esta viga se forma la campana de tabicado ó de cañizo revestido de mezcla por ambos lados, debiendo ser del primero cuando las paredes son de entramado.

En la construcción de una chimenea francesa, cuyo frente ó faldón es de mármol y se sienta con yeso, se debe mezclar á éste cal y arena fina para evitar que la fuerza expansiva de aquél haga estallar el mármol.

1462. El cañón debe hacerse recto en cuanto se pueda, y cuando son varios los que se adosan á una pared por estar en diferentes pisos, se guian unos al lado de otros á lo largo de dicha pared, suavizando con curvas los ángulos que al engancharlos ó apartarlos de la plomada resulten. Cada cañón se separa del adyacente por medio de una lengüeta de ladrillo, y juntos así todos, se elevan fuera del tejado, llamándose *tronco de chimeneas* al prisma que los encierra. Se forman generalmente los cañones en el espesor de los muros, construyéndose por lo común de ladrillo aun en muros de mampostería, especialmente cuando los mampuestos son calizos, pues pueden reducirse á cal. En algunos casos se emplean los ladrillos *(figs. 1491* y *1492)* para que formen el cañón por sí mismos.

Cuando el grueso de la pared no lo permite, los cañones se hacen independientes aunque adosados á ella, y se forman con dos tabiques laterales llamados *costeros* y uno en el frente denominado *delantera*. La separación de los cañones cuando son más de uno, se hace por medio de otros tabiques de traviesa ó lengüetas, asegurándose el conjunto por medio de abrazaderas de hierro llamadas *costillas de vaca*, que por sus extremos se empotran en la pared.

A ser posible, no debe emplearse el yeso en la construcción de estos cañones porque á consecuencia de las variaciones bruscas de temperatura y humedad á que están expuestos, experimenta el yeso un principio de calcinación que origina algunas grietas por donde escapa el humo. Puede evitarse este peligro revistiendo de cinc la chimenea.

En todos casos, los cañones deben tener bien lisa la superficie interior con el objeto de que el hollin no se agarre á las asperezas ni éstas pongan obstáculos á la marcha del humo, por cuya causa se usan mucho los tubos de barro cocido *(figs. 39 á 41)*, los cuales deben colocarse de modo que la dirección del humo esté en la de las flechas para que no pueda salirse por las uniones, que además deben guarnecerse bien con mezcla fina. Los tubos de fundición, si se emplean, deben aislarse de la fábrica del muro porque las dilataciones que experimentan con el calor ejercen su fuerza contra la pared. Cuando se emplean planchas de palastro para formar los tubos, pueden preservarse de la acción destructora de las lluvias, si están al descubier

to por encima de las cubiertas, por el siguiente procedimiento: se les da una mano de brea y se rellenan de virutas á las que se da fuego, con lo que la brea arde y se carboniza llenando los poros del metal y formando una capa ligera de carbón adherente que preserva al hierro del contacto con el aire y la humedad.

La forma que más conviene á la sección transversal de los tubos es la circular, en razón á que siendo uniforme la resistencia en toda la superficie interior, será más difícil haya en ella dobles corrientes, como tienen lugar en los tubos rectangulares, especialmente en aquellos cuya anchura es bastante mayor que su profundidad, puesto que siendo mayores las resistencias en los extremos se forman más fácilmente las corrientes en descenso. El diámetro más generalmente adoptado es el de 15 á 20 centímetros.

1463. CAPERUZAS Ó REMATES DE LOS CAÑONES.—La parte de un cañón de chimenea que sobresale de la cubierta debe presentar buen aspecto y fácil salida al humo, defendiendo ésta de la fuerza de los vientos. Cuando éstos son rasantes ó ascendentes producen aspiración y favorecen la salida del humo, ~~más cuando~~ no es así, es difícil la salida y hay que sustraer al humo de la acción de los vientos por medio de un obstáculo cualquiera ó mejor haciendo servir la misma fuerza del viento para arrastrar el aire quemado. En todo caso, el remate de una chimenea debe coronarse con una albardilla ó montera que no deje paso á la lluvia ni á la nieve para que no sufra retraso la salida del humo, y presentar un aspecto decorativo para que no afée la cubierta, condición que hoy se descuida sin motivo razonable. La *fig. 1686* presenta un ejemplo de chimenea empleado en la Edad Media, y la *1687* de las que se construyen hoy en Inglaterra. Las chimeneas del palacio del Elíseo (París) que funcionan bien dando buenos resultados, rematan piramidalmente *(fig. 1688)* estrechando así la salida del humo, la cual se efectúa unas veces por arriba y otras por los costados, según el viento que reina. Los cañones de chimenea están algunas veces adosados unos á otros como indica la *figura 1689*, pero entonces hay el riesgo de que el humo de uno descienda por el contiguo y se debe evitar colocando entre ellos unos tabiques y estrechando sus salidas, según aparece en la figura, ó disponiéndolas á diversas alturas.

1464. Aunque afean las cubiertas son hoy muy empleados los cañones de palastro que se cubren con un simple *sombrerete (fig. 1690)* cuando hay seguridad de que el tiro es bastante para que salgan los humos sin dificultad. Cuando no, este aparato se modifica haciéndolo unas veces fijo y otras movible.

Entre los fijos están los siguientes: la *linterna (fig. 1691)*, que presenta salidas en todos sentidos, de modo que siempre hay aberturas libres de la acción del viento; el *tirahumos* de Perrachón *(figura 1692)* que consiste en la colocación á los costados de la salida de una chimenea, y unas sobre otras, de varias hojas metálicas *ac*, algo separadas entre sí, por cuyos intervalos entra el viento ya sea rasante, ya ascendente, remontándose mediante la forma combada de las láminas y arrastrando además el humo: si el viento se dirige hacia abajo, produce una aspiración que llama el humo tras de sí. La forma circular en las láminas como en la *mitra* Morin *(fig. 1693)*, tiene la ventaja de adaptarse á todas las direcciones de los vientos; sin embargo, éstos pueden volver á entrar por las aberturas que presenta el aparato, para evitar lo cual ha ideado Berne un sistema llamado *trisifón (fig. 1694)* en el que sale el humo por la parte superior en circunstancias ordinarias, escapando por tres tubos inclinados *A* cuando el viento se dirige hacia abajo, pues que rozando éste el exterior de dichos tubos produce una aspiración ó llamada en los orificios, que por su estrechez se oponen á la admisión del viento en el caso de formarse algún remolino.

1465. El aparato automovil más sencillo es el representado en la *fig. 1695*, donde el viento obliga á la plancha *ab* á girar sobre su eje hasta que tropieza por su extremo *a* en una pared del cañón de la chimenea, dejando libre la salida del humo por el otro lado *b*. En la *fig. 1696*, dispuesta para servir reinando cuatro vientos distintos, cada dos portezuelas opuestas están unidas por una varilla *ab* con juego en sus extremidades, de manera que cuando el viento cierra una puerta, la varilla correspondiente empuja á la opuesta hacia afuera dejando abierta la salida del humo por este lado. En ambos sistemas, el aire hace tiro produciendo una llamada ó aspiración en la salida del humo. El *sombrerete chino (fig. 1697)*, puede girar alrededor del estilete *ac* sobre cuya punta superior descansa, pudiendo inclinarse por el viento cualquiera que sea su dirección y dando salida al humo por el resto de la

abertura. Este aparato se ha modificado, como indica la *fig. 1698*, para servir en las minas y se emplea también en los edificios. Con el nombre de *boca de lobo* está el aparato de Combaz (*fig. 1699*), consistente en un tubo A, A' que cubre el remate de la chimenea ó encaja por su parte inferior en el cañón y por la superior en otro tubo db, $d'b'$ doblado en ángulo recto ú obtuso, según la posición más ó menos abrigada del aparato: este tubo gira alrededor de un eje ee sobre el inferior y está terminado por otro ah, $a'h'$ unido á él y que lleva una veleta V, V', mediante la cual el tubo ah, $a'h'$ y el bd, $b'd'$ giran oponiendo siempre su salida á la dirección del viento: éste, pasando por las partes anulares que quedan entre los tubos, produce la llamada del humo. Combinación de la boca de lobo con sombreros superpuestos es el aparato que representa la *fig. 1700*, donde el viento que entra por entre éstos arrastra el humo obligándole á salir por la boca B, moviéndose todo el aparato mediante la veleta V, que coloca dicha boca en dirección contraria al viento. El *ventilador* fumífugo automotor (*fig. 1701*), presenta la forma de una esfera susceptible de recibir la acción del viento en cualquiera dirección que tome; para este efecto, las planchas por entre cuyos espacios sale el humo, son cóncavas y dispuestas según cierta curva que le permita recibir la acción del viento. A este ventilador se le ha agregado una hélice en el cañón de la chimenea, y que dando vueltas con el ventilador produce el empuje del humo.

Algunos de los aparatos descritos exigen para su funcionamiento que estén situados en punto elevado donde azoten los vientos para hacerlos girar en el sentido conveniente. Todos ellos no son, sin embargo, más que paliativos que no cortan el mal.

1466. COCINAS ECONÓMICAS.—Las chimeneas ordinarias ú hogares abiertos, si bien son capaces de renovar con mucha frecuencia el aire de una habitación haciéndola saludable, tienen la desventaja de consumir mucho combustible, pues solo aprovechan de 0,12 á 0,14 del calor desarrollado por el combustible, y de aquí el origen de las cocinas económicas que hoy se construyen de hierro fundido, empleándose como material auxiliar el ladrillo refractario. En ellas se recoge el calor radial del fuego, que es en gran parte perdido en las chimeneas ordinarias y se aprovecha el calor del humo haciéndole dar vueltas antes de llegar al tubo de salida, como se efectúa en los generadores ó calderas de vapor.

Varios son los modelos de cocinas económicas que los talleres de fundición dedicados á esta industria proporcionan para el servicio de casas particulares, fondas, cuarteles, hospitales y demás establecimientos análogos.

Las más sencillas se componen (*fig. 1702*) de un hogar H, H' con su rejilla y cenicero, y puerta al costado pn para graduar la entrada del aire. A un lado está la cámara C, dividida en dos por una plancha horizontal agujereada ac, siendo la superior un horno para asados y la inferior una estufa para conservar calientes las viandas ya guisadas. En el lado A se encuentra un depósito de agua caliente con un grifo para sacarla. La placa $p'l'$ que cubre todo esto, tiene varios agujeros: los dos H', C', situados respectivamente sobre el hogar y el horno, reciben directamente la acción del fuego y tienen varias arandelas como indica la figura, para ensanchar más ó menos la abertura, según sea la olla que haya de colocarse en ellos: los agujeros A', A' que caen sobre el depósito del agua, están destinados á llenarlo y los Z, Z se aprovechan para registro y limpieza y aun para templar algunos guisos que exijan un calor moderado. La marcha del calor ó sea de la llama y el humo, es desde el hogar por encima del horno á la chimenea M por medio de un registro R, dando calor al mismo tiempo al depósito de agua al cual calienta el humo antes de pasar á la chimenea si se cierra el registro R, manejándolo con el botón l, l'. Para graduar el tiro de la chimenea, está la válvula que es una placa circular que se maneja con el botón indicado en B. La limpieza de estas cocinas se verifica por una portezuela que tienen en el costado debajo del depósito de agua y por las demás aberturas.

Estas cocinas pueden adaptarse por sus pequeñas dimensiones á las chimeneas ordinarias, en cuyo cañón se coloca el tubo de salida de humo.

Cuando la índole del servicio que han de prestar exige dimensiones escepcionales, la elección de estas cocinas es objeto de un estudio especial comparativo de los diferentes tipos que los talleres de fabricación presentan, quedando reducida la misión del constructor á emplazar la cocina en el sitio más conveniente, procurar la fácil salida ó colocación del tubo de salida de humos y la conducción del agua para los depósitos donde se ha de calentar.

Debe, sin embargo, tenerse presente al adoptar

una cocina económica, así como cuando se quiere aprovechar el calor de un hogar para calentar agua haciendo que la llama rodee el depósito de ésta, que estos hervideros no dan el agua caliente sin gasto alguno, pues el carbón no arde tan bien al contacto de la vasija que contiene el agua fría y el calor que ésta toma es una pérdida real.

1467. HORNOS DE COCER PAN, ASADOS Y PASTELES.—Los hornos ordinarios ó de pan que todos conocen, son unos espacios ovalados ó elípticos abovedados, de 2m70 á 3m00, de profundidad ó longitud en las panaderías y de 1m50 á 2m00 en las casas particulares, cuya figura está truncada para dar lugar á una boca de entrada, sobre la que por la parte de afuera se levanta la chimenea, pues el humo que produce la combustión dentro del horno, tiene que salir por dicha boca. Delante está la mesahogar y la campana de la chimenea abarcando toda su extensión para que los humos no puedan escaparse. El horno y la mesahogar, se establecen de 85 á 100 c/m del piso y la boca del horno se cierra con una plancha de hierro.

El piso ú hogar se establece sobre un macizo de tierra ó sobre una bóveda, debajo de la cual se puede tener la leña para que se seque. Se hace su solado de adobe ó ladrillo y también de barro á propósito que se bate bien, el cual puede fabricarse mezclando $^1/_5$ de arena á $^2/_5$ de arcilla que no se enrojezca mucho al fuego y otros $^2/_5$ de piedra caliza pulverizada: si la arcilla tiene mucha liga ó es muy compacta, se puede aumentar la arena. Esta mezcla bien batida se tiende sobre el suelo dándole una convexidad insensible y un espesor de unos 15 c/m y enseguida se golpea con mazas hasta dejarla perfectamente unida.

Sobre este solado se levanta la bóveda llamada *capilla*, dándole de altura la sesta parte de la profundidad del horno y construyéndola de ladrillo ó de adobe con mezcla de barro y un poco de cal, teniendo cuidado de mojar aquéllos antes de emplearlos. El espesor que se le da es de unos 30 centímetros, cubriéndola con una gruesa capa de barro para conservar el calor y acompañándola con mampostería ordinaria para formar las paredes exteriores y enrasar de nivel, cuando sobre ella ha de establecerse una cámara abrigada. En hornos de grandes dimensiones, se acostumbra dejar respiraderos de 12 á 15 c/m de diámetro que ponen en comunicación el horno con la chimenea, dirigiéndolos por encima de la bóveda y cuyo objeto es activar la combustión al encender el fuego, por lo que se cierran cuando se ha establecido el tiro.

Un medio de concentrar el calor en un horno, será formarle una envolvente de carbón molido, escorias de hierro ú otras materias poco conductoras del calórico, las cuales se encierran en los costados y sobre la bóveda con un forro ó pared de mampostería ó ladrillo que forma el recinto exterior de la construcción.

Los hornos de asados, de pastelería ó de pan para pequeño consumo, se construyen del mismo modo, aunque reduciendo sus dimensiones á menos de 1 metro de diámetro. En éstos puede emplearse la fábrica ordinaria de ladrillo con mezcla de cal y arena, pero abrigándolos del aire exterior con un macizo de mampostería.

ARTÍCULO II

De la calefacción en general.

1468. DIVERSOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.—Los medios que se emplean principalmente para calentar el aire en los lugares habitados, son:

1.° Los *braseros* de metal donde se conserva el fuego producido por la combustión de leña, carbón, cisco ó picón, hecha generalmente al aire libre.

2.° Los *hogares abiertos ó chimeneas*, de que se ha tratado en el artículo anterior y los perfeccionados de que hemos de hablar, todos los cuales utilizan el calor radiante del combustible en ellos quemado.

3.° Las *estufas* de diversos materiales, como palastro, fundición, porcelana ó materiales térreos, colocadas ordinariamente en las estancias que han de calentarse.

4.° Los *caloríferos de aire caliente* que toman éste del exterior del edificio, lo calientan y lo envían á las habitaciones por medio de tuberías.

5.° Los *caloríferos de agua caliente á baja ó á alta presión* con hogar exterior, donde se calienta el agua y se hace circular después por tubos colocados en las estancias.

6.° Los *caloríferos de vapor á alta ó baja presión*, con tubos de circulación ó serpentines en las estancias. Se les combina algunas veces con las estufas de agua caliente. Hay también aparatos de circulación mixta de vapor y agua.

7.° El caldeamiento por medio del gas del alumbrado, que es una invención muy moderna.

1469. Todos estos procedimientos tienen sus defectos y sus ventajas, por lo que para adoptar uno ú otro, es preciso estudiar de antemano la exposición, extensión y naturaleza del local que ha de caldearse, el número de las personas que han de ocuparlo y el sistema de alumbrado que en él haya de emplearse, sin olvidar la diferencia que producen en nuestros órganos los diversos modos de transmisión del calor, sea que nos llegue de un hogar incandescente ó indirectamente de las estufas ó por medio de una corriente de aire calentado á distancia, aunque en los tres casos tenga el calor los mismos grados. Además, el estado eléctrico del aire, puede, quizás, modificarse por la temperatura elevada de ciertos caloríferos.

Es insalubre todo aparato que no esté combinado con una renovación del aire viciado por otro puro, tomado de un lugar exento de emanaciones pútridas, debiendo llegar á la habitación en gran cantidad, con una pequeña velocidad y á una temperatura mediana, mejor que en poca cantidad y á una temperatura elevada.

Los aparatos de uso doméstico han de ser, ante todo, simples, económicos, fáciles de registrar y limpiar, no exigir obreros especiales para su manejo y estar libres de reparaciones frecuentes y costosas.

1470. BRASEROS.—Ya en tiempo de los griegos se conocían los braserillos, con brasas de carbón entre cenizas, colocados sobre trípodes, y los romanos los usaron también con el nombre de *foculi*, aunque descansaban generalmente sobre cuatro pies.

Por más que el fuego esté bien pasado y cubierto de cenizas, es este medio de calefacción antihigiénico y solo debe aceptarse en un caso extremo y procurando que la habitación esté abundantemente ventilada.

1471. CHIMENEAS Ú HOGARES ABIERTOS PERFECCIONADOS.—Las chimeneas de sala (1455), que tienen la ventaja de alegrar la vista, son los medios más empleados hasta hace poco para calentar las habitaciones, reciben por delante el aire necesario para la combustión de la leña que en ellas arde y producen el calor por la radiación de las llamas y de las brasas y también por convección, es decir, por el transporte de las partes caldeadas, las cuales, por su menor densidad suben hacia el techo y son reemplazadas por el aire frío atraido del exterior. La radiación está interceptada en las chimeneas antiguas *(fig. 1703)* por los lienzos y la mesilla, y concentrada en el hogar por estar éste en el fondo de una cavidad rectangular *baab*, no aprovechándose más que los radios calóricos desde *B* á *E* y perdiéndose desde *E* á *H* en sentido vertical, siendo más la pérdida en el horizontal. Admiten además estas chimeneas en los ángulos superiores del hogar una gran cantidad de aire no quemado que enfría y disminuye el tiro cuando todo el aire ascendente de la chimenea debiera pasar sobre el combustible.

Se evitan estos inconvenientes dando á los costados del hogar una dirección oblícua *a'b* que debe ser de 135° ó la forma parabólica y revistiéndolos de materiales blancos y brillantes como los azulejos y el bronce bruñido, para que reflejen á la estancia los rayos que no tienen irradiación directa á ella. Se adelanta también el trashogar *T (fig. 1704)*; y para activar el tiro se estrecha la entrada *x* del cañón, cuyo efecto se aumenta colocando tableros ó cortinas de palastro *ac* que se bajan ó levantan delante del hogar, evitándose de este modo que el humo se esparza por la habitación: se regula el tiro estableciendo en el cañón una placa ó registro *R*, con el que se aumenta ó se reduce la sección del cañón. Las chimeneas para cok *(fig. 1705)* tienen muy saliente el canastillo de hierro colado *C* donde se enciende el combustible, aumentándose así la radiación aprovechada y estableciéndose un fuerte tiro que mantiene la combustión en actividad.

Es preciso que en estas chimeneas, las superficies que dan paso al humo sean planas ó de superficies fáciles de limpiar y que los ángulos del hogar estén redondeados para que no dejen paso al aire al cañón de la chimenea sin haber sido quemado.

El combustible, cuando es leña, se coloca como se sabe sobre morillos ó rejillas, y cuando es cok ó carbón de piedra, sobre canastillas, en cuyo caso es necesario un fuerte tiro para su combustión.

Estas disposiciones establecen una ventilación natural, pero en cambio el aire nuevo es frío y ha de calentarse en el hogar, y como el cañón arrebata una gran cantidad de gases calientes de la combustión, el rendimiento calorífico no pasa de 0,12 á 0,14 del calor desarrollado, lo que ha inducido á mejorar estos medios de calefacción.

1472. Cuando el combustible arde en un hogar cualquiera, el calor producido se divide en dos partes: la una es utilizada directamente por la ra-

diación del combustible y de la llama y por la reflexión de los radios recibidos por la superficie del hogar, y la otra pasa al cañón de la chimenea y sirve para desembarazar la estancia de los gases quemados y ventilarla. Esta parte puede utilizarse haciendo que caliente el aire que entra en la pieza para su renovación, cuyo calor se llama oscuro ó de transmisión.

Si en un cañón de chimenea *(fig. 1706)* se dispone una placa ó registro en su entrada que pueda cerrar ó abrir á voluntad el paso del humo, se abrirá para encender el fuego, y una vez establecida la llamada ó tiro, podrá girarse dicha placa para darle la situación *aa*, siguiendo entonces el humo por una tubería la dirección de las flechas *hhh* para pasar primero por el lienzo *L*, luego por debajo del hogar al otro lienzo *L'* y desembocar por fin en el cañón de la chimenea. De este modo, el humo calentará el aire del espacio que rodea ó envuelve la canal ó tubería por donde marcha el humo y si este espacio se pone en comunicación con el aire exterior por medio de una ventosa dispuesta debajo del hogar ó en otro sitio, este aire se calentará al contacto de la tubería del humo, se dilatará y buscará su salida por la parte superior ó sea por bocas *B*, *B* abiertas á propósito en los costados de los lienzos por debajo de la mesilla, proporcionando así aire puro y caliente á la habitación.

1473. En una chimenea ordinaria, puede el aire exterior entrar por detrás del hogar *(fig. 1707)*, empleando para ello una válvula llamada *ventosa*, y circular alrededor de un tubo *tb* situado en el cañón de la chimenea sin tocar á sus paredes, el cual sirve para la salida del humo y de los gases producidos por la combustión. El aire así caldeado se eleva hasta la abertura *D* practicada junto al techo de la habitación *A* y arrastra el aire viciado hacia el hogar *H*. El mismo aire caliente puede aprovecharse para calentar la estancia superior *B*, por medio de una llave *E*, con cuyo objeto se intercepta la comunicación de dicho aire con la chimenea *F* por cima de la abertura *E*. Por consiguiente, un aire cálido á la vez que puro reemplaza al consumido por la combustión, suprimiéndose así ó poco menos la entrada de aire frío por las puertas y ventanas. Estas chimeneas se denominan *ventiladoras*.

El aire exterior que entra por la ventosa, pasa horizontalmente por el espesor del piso para salir al hogar por su parte inferior.

1474. Se multiplica la superficie de caldeo y de transmisión, haciendo que el hierro presente en sección transversal numerosos nervios salientes *(fig. 1708)*, los cuales deben estar del lado por donde circula el aire que se ha de calentar para que éste reciba la mayor cantidad posible de calor, no presentándolos por el lado del fuego ó del humo porque éste se adheriría obstruyendo su circulación. Una aplicación de esta clase de hierro se indica en la *fig. 1709*, donde el aire se caldea por detrás del hogar y sale á la habitación por bocas laterales *B*, recibiendo antes la acción del calor por encima de las brasas ó de las llamas que es diez ó doce veces mayor que por los costados. Los radios caloríficos que se pierden en la chimenea, son en este modelo muy pocos por la disposición inclinada que tiene el trashogar *as*. Como la fundición que está en contacto directo con el fuego proporciona un aire frecuentemente carbonizado, en especial cuando la combustión es muy activa, se reviste en algunas chimeneas con ladrillo refractario para que reciba la acción directa del fuego.

La ventosa que da entrada al aire exterior, se ha de regular en combinación con la placa ó registro de la chimenea, para que el aire introducido haga equilibrio con el ascendente de la chimenea y no haya necesidad de abrir las puertas y balcones ó ventanas, cuyo objeto debe ser solo el dar paso á las personas ó á la luz.

En los aparatos descritos, el rendimiento calorífico llega al 35 por 100 del calor desarrollado por el combustible, lo cual representa una gran ventaja económica respecto de las chimeneas ordinarias.

1475. El aparato Pictet *(fig. 1710)*, consiste en una caja de hierro *H*, cuadrada ú oval formando hogar, detrás de la cual se encuentran muchos tubos de palastro dispuestos al tresbolillo, por los que se establece una comunicación entre la entrada de aire frío *A* y la caja superior de aire caliente *B*. El humo al salir del hogar envuelve ó rodea los tubos dichos de aire y se escapa por una abertura *C* situada inferiormente en la parte posterior del aparato; para encender el fuego se establece el tiro suficiente abriendo el registro *D*. El aire caliente, después de haber circulado por los tubos, sale á la habitación por medio de la mesilla en *E*. Este aparato cabe, como se ve, en el hueco de una chimenea ordinaria y puede moverse para deshollinar el cañón de ésta.

El aparato Fondet está compuesto de varios tubos de 6 á 8 centímetros de diámetro, que con una inclinación de 20 grados de atrás á delante comunican por su parte inferior con una toma de aire puro y por la superior con una cámara en forma de T terminada por dos bocas laterales que le dan salida á la habitación. El humo circula por entre los tubos dichos antes de escaparse por el cañón de la chimenea, y para limpiar éste del hollín tiene el aparato un giro inferior que permite inclinarlo hacia atrás.

El carbón vegetal es el que conviene usar en estos sistemas de calefacción, pues el cok y la hulla deterioran los tubos.

1476. En la construcción de todas estas chimenas se debe procurar que el manejo de la ventosa que da entrada al aire exterior sea fácil desde la estancia y que antes de desembocar en ella envuelva completamente y con libertad el aparato, calentándose por debajo de éste, por sus costados y principalmente por encima del fuego, donde el calor es más intenso. La entrada de aire es de 2 á 3 decímetros cuadrados para habitaciones y de 4 á 5 para los salones, debiendo aumentarse esta sección en los recodos.

En toda clase de aparatos, una condición que deben llenar es la de ser simples y de fácil limpieza y deshollinamiento.

1477. EMPLEO DE UN CAÑÓN PARA VARIAS CHIMENEAS.—Hasta últimamente se ha hecho un cañón ó tubo por chimenea, ocurriendo rara vez que dos hogares despidieran el humo por un solo tubo. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que puede hacerse, como sucede en fundiciones y laboratorios donde una sola chimenea despide el humo de varios hogares. En los edificios ocurre también algunas veces la necesidad de hacerlo así, especialmente tratándose de humos procedentes de chimeneas ó aparatos de calefacción, cuyos cañones, adosados unos á otros, habían de ocupar un gran espacio en los últimos pisos.

La disposición que se adopta en estos casos está indicada en la *fig. 1711*. Consiste en hacer afluir á un cañón ó tubo general *AA* los ramales *R, R, R* de cada hogar, pudiendo prolongarse el primero hasta el sótano *S* con objeto de limpiarlo ó deshollinarlo, extrayendo el hollín por la portezuela *E*. El sistema se completa con un segundo tubo *C, C* paralelo y simétrico al primero, por el que se toma el aire puro del sótano para distribuirlo en los hogares de los diferentes pisos por medio de ventosas dispuestas en las tomas *D, D*.

El tubo único para varias chimeneas, tiene sin embargo sus inconvenientes: los ramales son tubos acústicos que conducen los ruidos de unas estancias á otras, y cuando un hogar no está encendido y los otros sí, puede entrar en aquél el humo de éstos si el registro del cañón no está cerrado. Se produce también por esta causa un enfriamiento del humo que disminuye el tiro. En las chimeneas de fábricas no sucede nada de esto porque los gases quemados tienen una alta temperatura y salen con facilidad: en las casas particulares, la situación de una cocina en el sótano pudiera asegurar una llamada regular en el tubo general ó colector de humos.

Para que el tubo único produzca buenos resultados es necesario, según el capitán Belmar: 1.°, estrechar el tubo de los ramales y dirigirlos tan paralelamente como sea posible á la corriente general separándolos por un diafragma de manera que desemboque en el eje de la chimenea y favorezca el tiro de las otras por aspiración. 2.°, cerrar los registros de las chimeneas cuyos hogares no estén encendidos para evitar las corrientes ó llamadas de aire frío que disminuirían la temperatura y por lo tanto la velocidad del humo.

Se emplea también otra disposición haciendo dos cañones de salida de humos á los que acudan alternativamente los ramales, con lo que se disminuye el riesgo de que por ellos se transmitan los ruidos de unos pisos á otros y que el humo vaya á salir por las chimeneas apagadas.

Sauges propone reunir todos los cañones en una cámara de humo común situada en los desvanes bajo la cubierta, dando una salida única á los humos. Esta idea ingeniosa puede aprovecharse para la decoración de la cubierta y adoptarse cuando el cañón de una cocina facilite la permanencia del tiro, como en las fábricas. En muchos casos será una dificultad, para establecer esta disposición, el recorrido de los cañones procedentes de distintos puntos del edificio hasta su centro, porque han de impedir la utilización de los pisos superiores y presentar el inconveniente de la llamada de una chimenea encendida sobre otra, haciendo rechazar el humo.

1478. ESTUFAS.—Son las estufas ordinarias unos aparatos generalmente de hierro *(fig. 1712)*, compuestos de un hogar ó capacidad cerrada donde se quema el combustible, cuya puerta es *H* y

de un tubo de salida de humos *T*, colocándose siempre en el interior del aposento que han de caldear.

El calor se comunica por la radiación en todas sus partes, aprovechándose el 80 á 90 por 100 del que produce el combustible, pero es á costa del aire de la estancia, el cual consumen para producir la combustión.

Las estufas de hierro se calientan rápidamente gracias á la gran conductibilidad del metal, sus paredes se enrojecen, y aparte del calor insoportable que junto á ellas se experimenta, lo cual produce gran sequedad en el aire de la estancia, tienen el grave inconveniente de que el calor rojo del hierro da lugar á la formación del óxido de carbono (tufo) y que vician el aire de la estancia afectando á los órganos respiratorios, si bien la sequedad puede remediarse colocando sobre ellas una vasija llena de agua que se evapora lentamente y proporciona al aire la humedad indispensable.

1479. La industria facilita hoy varios sistemas de estufas con el impropio nombre de caloríferos *(a)*, las cuales adolecen más ó menos de los inconvenientes expuestos.

Algunos de estos aparatos están dispuestos sea para disminuir el consumo de combustible, sea para asegurar una marcha regular de la que no haya que ocuparse por ser de combustión lenta. Las más usadas *(fig. 1713)* tienen en su parte inferior el cenicero, y sobre él, ocupando el centro *H* del aparato, el combustible, dando salida al humo por un tubo *T* situado en el lado opuesto al de la puerta del hogar, con lo que se establece un fuerte tiro para encender la estufa. El aire de la habitación penetra en más ó menos cantidad por la parte inferior *A*, circula alrededor del hogar y del tubo de humo, calentándose y saliendo á la estancia por la parte superior *S*, *S* del aparato, que es una rejilla. Para evitar que el hierro del hogar se caldee al rojo y produzca los gases carbónicos, se reviste de ladrillo refractario por la parte *ad*, *ad* que está en contacto con el fuego, y para que haya completa incomunicación entre el hogar y el aire de la habitación, se cubre con tapaderas *P* provistas de un reborde por su parte inferior, el cual se entierra en la arena que al efecto se echa en una cavidad anular dispuesta en la parte superior del aparato. Sobre la tapa se puede colocar una vasija con agua que evaporándose lentamente presta al aire del local la humedad que le roba el fuego.

Estas estufas se han perfeccionado haciendo que el hierro por donde circula el aire para calentarse presente los nervios salientes que se indican en la *fig. 1708*.

1480. Se hacen también estufas de ladrillo y de tierra refractaria revistiéndose el exterior con loza ó porcelana, las cuales no ofrecen el inconveniente del tufo, y si bien no se caldean tan pronto como las de hierro, conservan en cambio por más tiempo la temperatura á que se han elevado. En el Norte de Europa son verdaderos monumentos arquitectónicos, consistiendo por lo general en un hogar prolongado *(fig. 1714)* con una salida directa *ab* del humo para encender la lumbre, pero que luego se cierra obligando á los gases quemados á seguir una dirección inversa *cd*, *cd* entre paredes cerámicas que ocupan toda la altura del aposento. El aire, que entra por la abertura inferior *A*, rodea los antedichos conductos de humo y sale caliente á la habitación por la parte superior *S* de la estufa.

Por su limpieza y comodidad, aunque no por su economía, se emplea el gas del alumbrado para la calefacción, valiéndose para el objeto de estufas ó de las mismas chimeneas de sala, por cuyos cañones sale entonces el aire viciado y quemado por el gas.

1481. CALORÍFEROS DE AIRE CALIENTE.—El calor por este sistema, se produce en un hogar situado generalmente en los sótanos del edificio que se ha de caldear, dirigiéndose á una cámara de calor de la que se distribuye á las habitaciones por medio de tubos llamados *termóforos*.

El hogar se dispone en medio del sótano donde pueda tomarse el aire del exterior para la combustión, pero de modo que no esté en comunicación con el que ha de calentarse para enviarlo á las habitaciones, con el objeto de que el humo y demás gases de la combustión no puedan llegar á ellas.

El humo y los gases desprendidos del hogar *H* *(fig. 1715)*, circulan por entre los conductos de aire, que son varios *ad*, y tienen su salida á la chimenea por el lado opuesto *T* al del hogar. El aire puro se toma del Norte generalmente, por una galería cuya sección debe ser lo menos igual á los $^3/_4$ de la suma que arrojen las de los tubos conductores ó termóforos que lo distribuyen caliente en las habitaciones. Este aire que entra por *A* se calienta al pasar por los conductos *ad*, *ad*, y se

(a) La palabra *calorífero* significa, según su etimología, *llevar calor*.

almacena en la cámara de calor *C*, para distribuirlo en las habitaciones.

El aire puede calentarse por conductos horizontales en vez de verticales, como los de la figura, pero entonces es menor la superficie de caldeo y no se aprovecha tanto el calor desarrollado por el combustible.

Los tubos de conducción de aire caliente ó termóforos se disponen de manera que los más altos correspondan á los locales más distantes y los más bajos á los más próximos, en razón á que siendo más ligero el aire cuanto más caliente está, irá á los conductos más altos que son los que han de ser más largos y en los que hay más pérdidas.

En la cámara ha de haber una vasija con agua para saturar el aire caliente y cada conducto debe tener una llave para quitar el calor donde no haga falta. Éste entra en cada aparato por una abertura ó *boca de calor* abierta en el zócalo y provista de un registro que las permite cerrarse ó abrirse á voluntad. Se emplea para ello la disposición llamada *de fuelle (fig. 1716)*, ó la *de persiana (fig. 1717)*, consistente en dos tablillas igualmente caladas, cuyos huecos dan paso al calor cuando se corresponden y lo cierran cuando no, haciéndose este movimiento de corredera por medio de un botón como se ve en la figura. En el suelo se disponen también redondos ó rectangulares formados de dos discos calados como las anteriores, de modo que girándolos abren ó cierran el paso al calor. El aire viciado se hace salir por otro tubos cuyas bocas se disponen por bajo del techo, que es á donde acude el producido por la respiración *(a)*.

1482. Los hogares se construyen de hierro fundido ó de palastro, revistiéndolos interiormente con ladrillo refractario: la cámara de calor puede ser de fábrica de ladrillo común, formada de dos tabiques separados unos 10 centímetros, dejando además un espacio libre de 50 entre el aparato y las paredes para evitar las pérdidas.

Los tubos no deben estar nunca horizontales porque el aire se estancaría en ellos y saldría en pequeña cantidad, dándoles una pendiente cuando menos de 2 centímetros por metro. Se hacen de palastro, cobre ó plomo, perfectamente soldados y de un diámetro bastante grande; algunas veces, especialmente en hospitales, se construyen con doble pared de ladrillo para que haya una capa de aire intermedia que disminuya la pérdida de calor, mientras el aire caliente recorre la cañería. De todos modos, deben conservarse muy limpios para evitar el mal olor que producen las materias orgánicas elevadas á grandes temperaturas que en ellos se depositan y para este objeto se les provee de orificios á propósito para poderlos registrar.

Para que el aire no llegue á los aposentos á una temperatura muy elevada, se hace llegar aire frío á la cámara de calor por medio de unos registros que regulen la temperatura.

El rendimiento calorífico de estos aparatos, que pueden calentar hasta 10000 metros cúbicos de aire, es de 0,60 á 0,80 del calor desarrollado por el combustible en el hogar, pero no pueden distribuir el aire caliente á una distancia horizontal mayor de 15 metros y tienen además el inconveniente de que el aire que proporcionan es seco y puede llevar óxido de carbono, aunque esto puede remediarse empleando un hidrosaturador.

1483. CALORÍFEROS DE AGUA CALIENTE.—En este sistema *(fig. 1718)*, el hogar *H* calienta directamente el agua de una caldera *C* á la temperatura de unos 90 grados, cuyo líquido, mediante la disminución de su densidad, se eleva por un tubo vertical de cobre ó palastro *abcd* que arranca del techo de la caldera y va al piso más alto por el camino más corto y con las menores vueltas posibles: aquí comunica su calor al agua de un depósito *D* que á manera de estufa se coloca en la estancia que se ha de caldear, radiando á ella calor: de esta capacidad baja un conducto *ehkn* á otra estufa *E* colocada en el piso inmediatamente inferior, siguiendo así sucesivamente hasta que el agua vuelve á la caldera con una temperatura de 30°, entrando en ella por la parte inferior *X*, donde se calienta de nuevo y emprende otra vez la marcha ascendente, estableciéndose así una circulación continua de agua caliente de abajo arriba y otra descendente de agua enfriada, dando ambas calor á las habitaciones por donde pasan. En el depósito más alto *D* hay una abertura para llenarlo de agua fría y para que se escape el aire que ex-

---

(a) Conviene recordar que la atmósfera, compuesta en volumen de 79,2 partes de nitrógeno y 20,8 de oxígeno con 3 á 6 diez milésimas de ácido carbónico tiene un peso de 1299 gramos y que hay también en ella vapor de agua en cantidad variable según la temperatura, las estancias, los climas y la dirección de los vientos. El ácido carbónico pesa 1981 gramos por metro cúbico, el oxígeno 1433, el nitrógeno 1268, el óxido de carbono 1243 y el hidrógeno 688.

pulsa del tubo la subida del agua caliente y el vapor procedente de una elevación excesiva de temperatura.

En estos aparatos no pasa el agua de una temperatura de 100° y se les denomina por esto de *baja presión*, pero pueden conducir el calor á bastante distancia en sentido horizontal á pesar de las vueltas.

Para instalar las cañerías de circulación de agua, que se hacen de hierro fundido, de palastro ó de cobre, se aprovechan los ángulos donde es más fácil reconocerlas y se separan las de agua fría de las de caliente por medio de serrín ú otra sustancia análoga para no perder calor. La colocación de los tubos en los pisos, debe hacerse en cajas *(fig. 1719)* guarnecidas de cinc, dándoles una ligera pendiente para que las filtraciones, si las hay, acudan al punto más bajo y no perjudiquen al techo.

1484. Cuando se quiere elevar el agua á mayor temperatura de 100°, se adoptan los *caloríferos de alta presión (fig. 1720)*, en los cuales el agua se calienta en un tubo de unos 3 centímetros de diámetro enrollado sobre sí mismo según una forma variable acomodada al sitio en que se coloca y alrededor del cual pasan las llamas y el humo de la combustión antes de escapar por la chimenea. El agua calentada asciende por tubería como en los caloríferos de baja presión, con la diferencia de que no desemboca en los depósitos de agua para calentarla, sino que se arrolla en espiral ó serpentín en una especie de chimeneas ó estufas *D, C, B* dispuestas en las habitaciones que se han de caldear, encerrándose algunas veces en columnas ó rinconeras á modo de muebles ó en el hueco de las ventanas, y en todos casos con portezuelas para cerrarlas ó abrirlas á voluntad. En el serpentín *D* del piso superior hay un recipiente de aire *A*, donde éste se comprime por la elevación de temperatura del agua, evitando el efecto de la expansión del líquido y del vapor que se forma, cuya presión puede llegar á muchas atmósferas. Este recipiente tiene un orificio ó tubo *s* para la salida del aire al tiempo de llenar de agua la tubería del aparato.

Esta especie de estufas puede aplicarse no solo al caldeo de habitaciones, sino para secar la ropa, calentar el agua del tocador y otros usos.

Los tubos corren á lo largo de las paredes delante de los zócalos *(fig. 1721)* ú ocultos por detrás *(fig. 1722)*, haciendo el friso de palastro calado para no quitar grueso á la pared y también por bajo del piso como se ve en la *fig. 1723*.

El radio de acción de estos caloríferos puede llegar hasta 500 metros, pero por su excesivo coste se aplican solo en edificios industriales donde los motores son máquinas de vapor. Además, la alta temperatura á que llega el agua, puede producir vapor y escapar por los enchufes de los tubos causando explosiones y quemaduras peligrosas, ó incendiar las maderas inmediatas á los tubos.

1485. A este sistema de caloríferos pueden referirse los *hidrocaloríferos*, donde el aire se caldea al contacto de aparatos de agua caliente situados en los sótanos, empleándose y distribuyéndose en las habitaciones como en los caloríferos ordinarios.

1486. CALORÍFEROS DE VAPOR.—La calefacción por este sistema está fundada en la propensión que tiene el agua de absorber un calor considerable para convertirse en vapor y condensarse después, es decir, volver al estado líquido cuando se pone en contacto con superficies frías. En este momento, el calor latente se desprende y se comunica á los cuerpos que le rodean.

El vapor se produce en calderas *C (fig. 1724)*, de las que se eleva por tuberías de cobre ó hierro al piso superior *A* del edificio, de donde desciende repartiéndose por otras tuberías á las habitaciones que se han de caldear, en las que el tubo se arrolla en espiral dentro de estufas *E, E*, en forma de columna, de consolas ó de cajas adornadas. La condensación del vapor que se verifica al circular por las estancias, vuelve á la caldera tomando la dirección que indican las flechas. Los tubos de circulación del vapor se colocan también en cañerías por las que circula aire puro que se caldea entrando en las habitaciones por aberturas á propósito.

Los tubos de circulación del vapor, que son de 3 á 5 centímetros de diámetro, se pueden colocar en los rincones ó en ranuras practicadas ó dejadas á propósito en las paredes, procurando que no haya recodos sensibles para impedir que haya en ellos condensación, y colocando algunos manguitos ó compensadores para que puedan efectuarse sin peligro las dilataciones y contracciones debidas á la desigual temperatura que experimentan, las cuales pudieran destruir la fábrica ó producir la rotura de los tubos. Las estufas se procura que no estén en contacto de objetos que puedan deteriorarse con el calor.

La calefacción por este sistema no produce humo, óxido de carbono ni otros gases malsanos y puede distribuirse á grandes distancias, retenerlo en donde se quiera y llamarlo á voluntad por medio de llaves convenientemente dispuestas. Las superficies de transmisión pueden ser menos numerosas que en los caloríferos de agua caliente, porque están á una temperatura más elevada. Tiene, sin embargo, el inconveniente de la desigualdad de temperatura que produce en cada habitación y ser poco económico, si no es en talleres donde puede utilizarse el vapor que se escapa de las máquinas. Estos caloríferos, además, piden una instalación perfecta con cálculos convenientemente hechos para las superficies de transmisión, según las causas que puedan originar pérdidas, es decir, según la altura de las habitaciones, espesor de paredes, número de ventanas ó balcones, exposición al Norte ó al Mediodía, etc.

1487. Por este sistema se distribuye el calor á domicilio en algunas ciudades de los Estados Unidos. El vapor pasa desde las calderas de la fábrica central á una tubería de hierro envuelta en un grueso fieltro y encerrada en cañerías de madera, sustancias ambas que como poco conductoras del calórico no lo dejan perder. El vapor se distribuye á cada habitación por medio de tubos que lo conducen á unos *difusores* ó sea cañerías de cierta forma que se caldean al contacto del vapor y esparcen el calor como en las estufas comunes.

1488. En los caloríferos *de vapor y agua caliente* se emplea el vapor para calentar el agua de las estufas ó depósitos instalados para la calefacción por agua caliente.

1489. CALEFACCIÓN POR EL GAS DEL ALUMBRADO.—Puede éste prestar grandes servicios si se emplea con prudencia y buenos aparatos, pues con él se suprime el almacenado del combustible, los inconvenientes del humo y hollín, de las cenizas y de todos los útiles que estorban y ensucian cuando el caldeo es por medio de leña ó carbón.

Sirven para el objeto las chimeneas de sala donde se utiliza la llama del gas solamente, siendo perdidos casi del todo los productos de la combustión, los cuales salen ó escapan por la chimenea.

El gas llega á una especie de leño de hierro con agujeros que se coloca sobre morillos en una chimenea de sala y que está guarnecido de ramas de amianto que se enrojecen y parecen leña encendida. Conviene completar el aparato para asegurarse de un rendimiento mayor de calor, colocando el leño en una concha que irradie el calor recibido, cuya eficacia puede ser mayor haciendo que el aire fresco llamado del exterior se caliente al contacto de la concha y del tubo de evacuación antes de darle salida á la estancia por las bocas laterales de la chimenea.

Las estufas de gas más sencillas consisten en cierto número de mecheros que despiden el calor de la llama mezclando los productos de la combustión con el aire y viciándolo. Deben tener un tubo de evacuación, aunque los hay sin él.

ARTÍCULO III

De la ventilación en general.

1490. CAUSAS QUE PRODUCEN UN AIRE INSANO Y NECESIDAD DE RENOVARLO.—Los higienistas han hecho observar los deplorables efectos que produce en nuestro organismo el aire viciado. Solo la sombra y la insuficiente luz ejercen una acción debilitante, y si el local, sin ser húmedo ni oscuro, es bajo de techo ó de reducidas dimensiones y está mal ventilado, en él se desarrollan todas las enfermedades que resultan de la aglomeración. El miasma humano se desprende del sudor fétido del cuerpo, de las manchas de la ropa, y pronto nacen y pululan los fermentos más perniciosos, favoreciendo la propagación y diseminación de los gérmenes contagiosos. La respiración de las personas y animales, la combustión en las luces y otras causas vician además el aire respirable *(a)*.

Es, como se ve, el aire el depósito de donde salen, si no todas, la mayor parte de nuestras enfermedades, y resulta impropio y hasta perjudicial para la salud cuando está viciado por nuestra respiración, de donde resulta la gran importancia que

---

(a) En un aposento donde se reunen muchas personas sucede con frecuencia que algunas padecen mareos y dolores de cabeza y no pocos casos ha habido en que han muerto de asfixia. De 146 prisioneros ingleses encerrados en un calabozo en 1750, solo 23 se salvaron de la asfixia, y 260 austriacos perecieron del mismo modo en una cueva después de la batalla de Austerliz, y no pocos insurgentes murieron también en 1848 en los sótanos de las Tullerías.

tiene la expulsión de este aire de las habitaciones y su renovación con otro enteramente puro, que es lo que se llama *ventilación;* y así como nunca se recibe demasiada luz, tampoco puede haber sobra de aire puro, aunque debe evitarse un enfriamiento excesivo, pues el paso de rápidas corrientes es también perjudicial.

El aire sale de nuestros pulmones con una temperatura de 38 á 40 grados y una densidad de 0,729, mucho menor que la del aire atmosférico que á 0° tiene una densidad de 1,000 y á 15° se reduce á 0,951. Por lo tanto, el aire viciado, como más ligero, ocupa la parte alta de una habitación y esto se comprueba perfectàmente en las iglesias, teatros y demás puntos donde se reune mucha gente, en los que se opera la renovación del aire por medio de una corriente ascensional desde las puertas de entrada á las ventanas superiores.

1491. La ventilación es *natural ó artificial:* la primera es la que tiene lugar por la diferencia de densidad entre la temperatura exterior y la interior de un edificio ó por la fuerza de los vientos, de modo que es incierta y variable como la temperatura, especialmente en estío. La ventilación artificial es la que se opera por medio del calor en una cañería de llamada ó por un motor mecánico, realizándose en este caso la renovación del aire por aspiración ó por impulsión.

En las casas particulares bastan, por lo general, para la ventilación las puertas y ventanas así como las chimeneas, pero en los grandes edificios públicos, en los hospitales, escuelas, teatros y fábricas, es preciso servirse de verdaderas máquinas para asegurar en todo tiempo la libre renovación del aire.

1492. VENTILACIÓN NATURAL.— La diferencia de temperatura y por lo tanto la desigualdad de densidades entre el aire interior y exterior, produce una ventilación aunque irregular en nuestras habitaciones cuando se abren las puertas y ventanas y otra más normal que pasa casi desapercibida, la cual tiene lugar por las rendijas de las mismas aberturas cuando están cerradas. Se comprende, pues, que puede favorecerse la ventilación natural distribuyendo bien un edificio con salidas y entradas dispuestas convenientemente.

Cuando se abre una puerta que comunica dos habitaciones, una calentada y otra fría, se establecen dos corrientes de aire: una la de la habitación caliente á la fría por la parte superior de la puerta, y la otra en dirección inversa, junto al suelo, cuyas dos direcciones se pueden comprobar fácilmente con una luz, pues la llama las indicará. Dependen estos dos efectos de que el aire enrarecido en la parte caliente, como más ligero, se escapa por arriba, mientras que el aire frío más pesado, viene á reemplazarle por abajo.

En muchos sitios, basta para renovar el aire el empleo de persianas movibles, válvulas de mica con aberturas ó los aparatos automotores, es decir, movidos por sí mismos mediante la corriente que establece la diferencia de densidades entre el aire interior y el exterior: son por lo general unos molinetes ó ruedas de paletas que se colocan en las ventanas ó puertas ó en tubos que parten de la estancia y terminan en la cubierta.

Puede hacerse entrar el aire exterior en un aposento de una manera insensible, estableciendo en las ventanas dobles cristales separados entre sí un centímetro y colocados de modo que el de afuera deje por abajo un hueco de unos 4 centímetros de altura y el de adentro lo deje por arriba, con lo que el aire exterior entra por abajo, se templa al contacto con el cristal interior y se eleva por lo tanto penetrando en el local por la abertura superior.

Se establecerá una corriente ascensional de aire que producirá una ventilación natural en un aposento, si se proporciona salida al aire viciado por agujeros dispuestos junto al techo y se da entrada al aire puro por las puertas ó por otras aberturas practicadas en el suelo, cuya ventilación se activará si la salida se encuentra expuesta al Mediodía y la entrada lo está al Norte, pues la diferencia de temperatura entre estas dos exposiciones, ayudará á la corriente ascensional del aire frío del Norte hacia el más cálido del Sur.

1493. Como el aire viciado por la respiración va á ocupar la parte superior de las habitaciones, se establece una ventilación natural en las casernas inglesas haciendo que el aire nuevo llegue por medio de ventosas *A, A* dispuestas junto al techo *(figura 1725)* en un ángulo de la pieza, y tenga salida el viciado por el opuesto *V* á unos cañones ó tuberías que, como los de las chimeneas, sobresalgan de la cubierta y se cubran con una caperuza ó sombrero *S* que contribuya por su construcción á aspirar ó dar salida fácil á los gases ó aire viciado de las habitaciones. Le favorecerá la corriente ascensional si las tuberías pueden colocarse en con-

tacto con chimeneas que, como las de cocina, están encendidas mucho tiempo, pues el aire viciado adquirirá mayor temperatura y se elevará por lo tanto con más facilidad. Los orificios de entrada de aire puro, que deben tener 10 centímetros cuadrados por persona de las que hayan de ocupar la estancia, se cierran por medio de láminas movibles ó ventanillas de palastro *ao (fig. 1726)* que se puedan abrir ó cerrar á voluntad tirando de la cadenilla *acp*, evitándose las corrientes violentas del aire exterior con un tablero *ot* que las dirija hacia el techo.

1494. No es indiferente la forma de las aberturas de entrada de aire, pues cuando éstas son cilíndricas entra aquél en línea recta, haciéndolo con violencia cuando el agujero es cónico y presenta su base al exterior: lo contrario sucede si el aire penetra por la boca estrecha del cono, pues en este caso se disemina al penetrar en la estancia por la dirección oblícua que en todos sentidos toma la corriente. Por esto en Inglaterra, donde se da gran importancia á la ventilación, se ha ideado practicar en diversos puntos de la parte superior de las habitaciones, cerca del techo, una especie de válvulas ó más bien de ladrillos ventiladores perforados por varios conductos cónicos, cuya base se encuentra en la parte interior. Estos ladrillos tienen, sin embargo, el inconveniente de que no se pueden multiplicar mucho y de que se ensucian de polvo siendo difícil su limpieza, por lo que se han ideado cristales perforados de que se ha hablado (182), los cuales se pueden lavar como los comunes de vidrieras. Su colocación en las ventanas ó sobre ellas, se dispone á más de $2^{m}50$ de altura, á fin de que las venas de aire no molesten á las personas. Tienen su aplicación más conveniente donde los techos son elevados y en los locales colectivos, salas de escuela, hospitales, dormitorios, cuarteles, salas de reunión, cafés, casinos, iglesias, etc.

1495. La entrada de aire puro puede obtenerse de un modo insensible, estableciendo á lo largo de las paredes en su ángulo inferior con el piso una canal ó conducto *(fig. 1727)* con numerosos agujeros para despedir aire á la sala, como indican las flechas, cuyo aire recibe del exterior por aberturas *A* situadas debajo de las ventanas, regulando la entrada del aire por medio de ventosas.

La aspiración del aire viciado del piso superior de un edificio, puede producirse estableciendo un cielo raso separado de la cubierta de 12 á 15 centímetros y puesto en comunicación con una chimenea ó mejor con un aparato como el de la *figura 1724*. El aire exterior puede penetrar en este es pacio por aberturas practicadas debajo de la cornisa ó alero y calentándose en dicho espacio cuando el sol da en la cubierta, se producirá una llamada ó aspiración hacia la chimenea que arrastrará el aire viciado, si para este efecto se hacen afluir al referido hueco unos tubos que partan del techo de los aposentos.

La disposición de las paredes metálicas (733 y 734), permite obtener una ventilación natural por las aberturas de los hierros que forman los marcos inferiores donde descansan, pues el aire penetra por entre los paramentos de las paredes y puede ir al espacio que hay entre el techo y la cubierta estableciéndose una corriente ascensional del aire viciado que puede regularse á voluntad, manejando unos registros dispuestos en dichos marcos de asiento.

1496. En nuestros climas meridionales, puede adoptarse para renovar el aire de nuestras habitaciones, el sistema que propone el Sr. Vallhonesta. Consiste en tomar aire en la parte Norte del edificio, en *P (fig. 1728)*, conducirlo por debajo de tierra á la profundidad en que es constante la temperatura, según se indica en *gddg*, y pasando por los sotanos *S, S* hacer que desemboque en el piso *A, A* de las habitaciones, dándole salida por el techo *V, V* y finalmente por debajo de la cubierta *cc* á una especie de chimenea *M*.

Para establecer las corrientes indicadas, la cubierta *cc* ha de ser en su mayor parte, la más expuesta á los rayos del sol, de cinc ó de hierro y pintada de negro para que tenga un gran poder absorbente de calor y dispuesta de manera que reciba los rayos solares en dirección perpendicular á su superficie; teniendo presente que cuanto mayor sea su extensión más calor recogerá; en su parte más elevada se construirá la chimenea *M* que debe ser también de metal y á ella acudirá por grandes aberturas *D, D,* el aire calentado debajo de la cubierta *cc*.

Cada pieza ó habitación tendrá uno ó varios conductos á la cubierta y al sótano, según sea su capacidad, colocando las bocas de entrada y salida de manera que el movimiento gaseoso tome la dirección diagonal que favorece la difusión y asegura la distribución del aire nuevo en todos los puntos.

Con estas disposiciones, tan pronto como el calor del sol sea absorbido por el metal de la cubierta, se calentarán las capas de aire que están en inmediato contacto con él; empezarán por consiguiente á elevarse, y dirigiéndose por la chimenea se disiparán en la atmósfera. Simultáneamente el aire viciado y caliente situado en la parte superior de las habitaciones será absorbido por los conductos que se comunican con la cubierta, el cual al pasar por debajo de ésta se calentará todavía más y ganará por fin la chimenea y sucesivamente el aire de la umbría del jardín precipitándose por los conductos subterráneos y sótanos del edificio se distribuirá por los conductos que comunican con la parte baja de las habitaciones y se derramará por el suelo reemplazando al que había sido absorbido por la fuerza de aspiración del aparato calefactor y su chimenea. Las puertas y ventanas, tanto del interior como del exterior, deben estar bien cerradas porque de lo contrario el aire nuevo que la aspiración absorbe entraría por el lado que menos roce ó resistencia encontrase, y ya que no la ventilación, el refresco del aire quedaría interrumpido.

Los conductos de aire puro y fresco han de situarse en las paredes interiores para evitar toda elevación de temperatura durante el trayecto, mientras que los de aire viciado deben situarse en los muros exteriores bañados por el sol, siempre que esto sea posible, con objeto de que no se enfríen. Estos conductos serán de tierra cocida, barnizados interiormente, cuidando de que no haya rugosidades ni asperezas que aumenten el roce ó disminuyan la sección de la corriente. Sus dimensiones deben ser las de los tubos de chimenea ó de los grandes caloríferos, pues vale más pecar por exceso que por defecto, porque lo que conviene es asegurar la ventilación. Se comprende que unos y otros han de ir empotrados en las paredes y no salientes, como para mayor claridad representa la figura.

Una condición importante es que las corrientes gaseosas tomen una dirección fija. Por esto, debajo de la cubierta, á cierta distancia de ella, se debe establecer una contracubierta ó cielo raso *ee* que no deje paso al aire hacia abajo. Pudiera disponerse como una caja de Saussure, que en la Física se explica, reemplazando la cubierta con unas dobles vidrieras y pintando de negro el fondo y paredes, pero esto exije que los vidrios se conserven limpios de polvo para que no pierdan su diafanidad. También se aumenta el calentamiento de este espacio haciendo pasar por él los cañones de las chimeneas.

Aumentando la altura de la columna de aire caliente, ya sea haciendo más alta la chimenea, ya dando mayor inclinación á la cubierta, se ganará en fuerza de aspiración. También influirá en la cantidad de aire trasegado la sección de la chimenea y demás conductos: no deberá ser tan pequeña que impida pasar todo el aire calentado en el aparato metálico, que ha de ser todo el necesario para el saneamiento del edificio, ni tampoco tan grande que permita la entrada del aire exterior, dando lugar á corrientes descendentes que vendrían á disminuir el tiro. Cuando la importancia del edificio requiera emplear una gran cantidad de aire, será preferible aumentar la altura de la chimenea ó dividirla en dos ó más. Para evitar el dar á ésta una grande altura se le aumenta la sección todo lo posible, pudiendo aprovecharse para ello un patio á condición de interceptar con una cubierta de cristales *vvv* toda comunicación que no sea la indicada por los conductos de circulación; de lo contrario, la corriente gaseosa podrá dividirse y mezclarse con aire frío, perdiendo entonces su fuerza ascensional.

Respecto á la toma del aire fresco y su enfriamiento, adviértase que cuanto mayor sea la profundidad de la galería *dd*, tanto más corto podrá ser su trayecto adquiriendo un mínimo si se llega á la capa de temperatura constante y que en nuestros climas templados se encuentra de 20 á 25 metros de profundidad. La entrada *P* del aire debe ser no solamente á la sombra sino entre plantas y arbustos de espeso follaje, donde, según han observado algunos físicos, hay noches en que la temperatura es 7 y 8° menos que á 2^{m} de altura al aire libre. La galería *gddg* ha de tener sus dimensiones proporcionadas al edificio, porque sus efectos refrigerantes llegarían á anularse al poco tiempo de circular el aire, si fuese corto el trayecto ó pequeña la sección, pues adquiriría la misma temperatura que el aire exterior. El descenso de ésta durante la noche y el riego del jardín y de las paredes de la galería podrán en muchos casos retrasar este efecto. Y si conviniese hacer mayor el enfriamiento del aire nuevo, bastaría hacerle circular, á su entrada en el sótano, por entre los tubos de un frigorífero.

Este sistema puede funcionar también de noche. En el supuesto de que la cubierta sea metálica, habrá durante las noches serenas una irradiación de

calor hacia los espacios celestes que enfriará el metal y éste á su vez las capas de aire con que está en contacto. Entonces, en virtud del aumento de densidad que el enfriamiento produce, tenderán á bajar por los mismos conductos de ventilación diurna, distribuyéndose por las habitaciones y saliendo al exterior por las puertas ó ventanas ó por aberturas que haya exprofeso. Dirigiendo convenientemente esta marcha del aire fresco podrían ventilarse los teatros, cafés, etc., en el verano, combinándola con la corriente ascensional que pueden proporcionar las luces.

1497. VENTILACIÓN POR MEDIO DE LAS LUCES.—Como se acaba de indicar, las luces pueden servir para renovar el aire viciado de un local. En los teatros alumbrados por una araña central con chimenea para la salida de los humos al exterior, éstos favorecen la tendencia á elevarse que por su menor peso tiene el aire viciado por la respiración y se produce una corriente de dentro á fuera que lo arrastra al exterior, renovándose con aire más puro que entra por las puertas y ventanas del edificio.

Cada luz, no siendo eléctrica, se calcula que consume ó vicia la misma cantidad de aire que una persona y como además produce humo que mancha los techos, se les debe dar salida al exterior disponiendo la pantalla en forma de embudo *(fig. 1729)* para que salgan al exterior por tuberías *aed* que pueden acudir á un cañón de evacuación dispuesto en un sitio conveniente y abrigado á fin de que no se enfríe. Su salida encima de la cubierta se termina con una caperuza ó sombrero de los que se indicaron para las chimeneas (1465) y que produzca aspiración.

1498. VENTILACIÓN DIRECTA POR MEDIO DE CHIMENEAS.—Al tratar en el artículo anterior de las chimeneas, se ha indicado que cuando están encendidas producen una aspiración directa del aire de la estancia, suficiente en la mayor parte de los casos para obtener una ventilación natural y sana, si el aire que alimenta la combustión es puro. La columna de aire caliente que sube por el cañón mezclada con el humo y los gases de la combustión, produce un vacío relativo en la atmósfera de la habitación, el cual es ocupado por el que entra por las puertas y ventanas ó por los resquicios de las mismas cuando están cerradas. La evacuación de aire por hora en una chimenea común de dimensiones ordinarias y que funciona con alguna regularidad, es, según Morin, de cinco veces la capacidad de la estancia, bastando, aun dadas las proporciones ordinarias de las habitaciones, para proporcionar una renovación de 30 metros cúbicos de aire por hora y persona suponiendo que hubiere una por cada metro cuadrado de piso. Pero como el aire viciado por la respiración es más ligero que el atmosférico, ocupa la parte ó capa superior del aposento y no puede salir por la chimenea, cuya boca está baja, siendo el que entra por las puertas ó ventanas, como más frío y por lo tanto más pesado, el que marchará directamente á la chimenea rozando por el suelo. Se precisa, pues, dar salida al aire viciado, por cerca del techo hacia el cañón de la chimenea, donde el calor de ésta lo absorberá; y para evitar que por la abertura destinada á proporcionar esta salida se introduzca en la estancia el humo, se debe colocar una válvula que por medio de un resorte pueda permanecer abierta cuando el aire del aposento tenga alguna presión para salir y que se cierre cuando no, para impedir que el humo penetre en la estancia.

Si el aire para la ventilación ha de ser caliente, se le hace entrar por junto al hogar (1473) para que en éste se caldee, dándole salida á la habitación por una ó varias bocas, cuya sección total sea equivalente á la de la válvula de evacuación. La boca de entrada del aire exterior tendrá también la misma sección y se podrá abrir ó cerrar á voluntad por medio de un registro, debiendo colocarse en el lado opuesto al de la salida del aire viciado.

1499. VENTILACIÓN INDIRECTA POR MEDIO DE LAS CHIMENEAS.—Las chimeneas sirven desde muy antiguo para ventilar varias habitaciones á la vez ó para extraer el aire viciado de las minas. Para ello se hacen acudir al cañón de la chimenea, junto al hogar, tubos que parten de los locales que se han de ventilar, en cuyos tubos el aire se calienta y se eleva, produciendo la aspiración. Mas para conseguir esta corriente ascendente, el fuego de la chimenea ha de ser constante y regular y la cantidad renovada de aire igual á la aspirada. Se originan, sin embargo, contracorrientes cuando el cañón de la chimenea es de grandes dimensiones, lo cual se evita (regularizando además el tiro) por medio de un tubo de hierro colocado en el cañón, como el de la *fig. 1707,* de modo que recoja la llama y el humo del hogar, en cuyo tubo se disponen de trecho en trecho otros

más pequeños por donde salga calor ó humo á la chimenea para calentarla por igual.

1500. La entrada del aire puro y su evacuación cuando está viciado, se puede verificar de varias maneras. Junto al techo y todo alrededor de las habitaciones se establecen dos tubos, uno sobre otro, que pueden formar una cornisa y taladrados ambos de trecho en trecho por pequeños agujeros. El aire puro se hace entrar en el tubo inferior, poniéndolo en comunicación con el aire exterior, el cual desemboca en la estancia por los agujeros ya citados, descendiendo hasta el piso por su mayor densidad con respecto al viciado. El tubo superior comunica con el cañón de una chimenea, á donde marcha el aire viciado que entra en el tubo por los agujeros de que está provisto. Este sistema se modifica formando la cornisa de un solo tubo que da vuelta á los cuatro lados del aposento y provisto de agujeros muy próximos en toda su extensión: en tres de sus lados, el tubo tiene comunicación con el aire exterior para tomarlo y distribuirlo en la habitación por los agujeros: el cuarto lado recoge el aire viciado y lo conduce por medio de un ramal á una chimenea que lo aspira, si se tiene cuidado de conservarla á una temperatura más elevada que la de la habitación, por medio del calor de un brasero ó de una luz.

Valiéndose de este medio de aspiración se pueden ventilar ciertos aposentos, especialmente en los hospitales. Para ello se revisten las paredes con un forro de ladrillos huecos colocados de canto, de modo que los agujeros de las diversas hiladas se correspondan formando tubos verticales. La hilada primera sobre el piso tiene comunicación con la sala, pudiéndose abrir ó cerrar á voluntad para que el aire viciado pueda salir por ellos. La extremidad superior de los conductos ó tubos, termina en una cañería horizontal que corre todo alrededor de la sala, constituyendo la cornisa, debiendo redondearse los ángulos para facilitar la circulación del aire viciado. Éste tiene cuatro salidas en cada sala, que por el techo van á la chimenea central calentada por una luz ó brasero. El aire nuevo que ha de sustituir al viciado entrará por orificios practicados sobre las ventanas, cerca del techo, y comunicándose con una cornisa hueca penetrará en el local por agujeros practicados en la parte superior de la misma.

1501. La chimenea que ha de aspirar el aire viciado, se forma de tubos dobles *(fig. 1730)*, uno *hh* dentro de otro, siendo el interior el que recoge el calor ó el humo para producir con él la aspiración del aire viciado que sube por el espacio comprendido entre uno y otro tubo *vc*. Cuando son varios los tubos de evacuación, se disponen alrededor del de humos de un modo análogo al que indican las *figs. 1731* y *1732*, en las que el espacio central *H* da paso al humo y los laterales *E*, *E*, al aire viciado de cada una de las estancias que han de ventilarse. Este sistema tiene una ventaja grande cuando el humo procede de una panadería ú otro establecimiento donde el fuego casi permanente caldea las habitaciones superiores, pues con los tubos que se adosan al cañón central de la chimenea se evita la conductibilidad del calor á través de ellos. Además, construyendo de palastro el cañón central y los tabiques divisorios de los tubos de evacuación, se deja libre la dilatación que el calor produce y se evitan las grietas que se abren en las paredes, caldeadas fuertemente por los cañones de chimenea mencionados.

1502. VENTILACIÓN CON APARATOS ESPECIALES.—En lo explicado hasta aquí, las corrientes de aire se producen por la aspiración natural más ó menos favorecida por disposiciones sencillas, pero cuando se trata de renovar el aire de ciertos establecimientos, como escuelas, cárceles, hospitales, etc., hay que acudir á medios artificiales más enérgicos, que pueden combinarse con los naturales, especialmente en estío. Se necesita una fuerza obediente que ponga en movimiento el aire viciado haciéndole salir del edificio y envíe al mismo igual cantidad de aire puro; cuyo objeto se consigue, sea aspirando el viciado con un hogar ó calorífero, en cuyo caso se produce un vacío que llena inmediatamente el aire puro, sea inyectando éste por medio de la presión de un depósito de agua ó con ventiladores mecánicos ó movidos por el hombre, cuando el trabajo es corto y de poca importancia.

El aire puro que ha de reemplazar al viciado no debe tener una temperatura sensiblemente inferior á la que reina en el espacio que se ha de ventilar, y su velocidad no ha de pasar de 1 metro por segundo, para que no dé bruscamente á las personas y se mezcle inmediatamente con el aire ambiente, lo que exige que los conductos sean grandes, principalmente en las bocas de salida. El aire viciado debe salir con la misma velocidad. La temperatura para habitaciones se procura que sea de 16 á 18

grados, la de oficinas de 15 á 16, la de iglesias 14, la de hospitales de 16 á 17 y la de salas de espectáculos 18 á 20.

Los ventiladores son unas ruedas *(fig. 1733)* con paletas planas ó curvas en cuyo eje hay una polea á la que se da un giro de gran velocidad por medio de una correa sin fin *coc* que pasa por el tambor *T*, movido por una máquina cualquiera. El eje con las paletas está encerrado en una caja circular con una ó dos aberturas, en cuya circunferencia hay un tubo de salida *S* que le es tangente, por donde sale el aire aspirado é impulsado por el movimiento centrífugo del aparato. El aire nuevo entra por el centro por medio de un tubo de diámetro igual ó mayor que el de la abertura de salida.

1503. Al tratar de la calefacción, se ha indicado la manera de enviar aire puro calentado á las habitaciones. En la *fig. 1734*, el caldeo se hace por medio de un hidrocalorífero *H* cuyos tubos sirven para que circule agua caliente en el piso bajo. El aire calentado á 18°, al contacto de los serpentines de agua caliente, se eleva al corredor ó antesala *A* de donde desemboca en los demás aparatos por encima de las puertas, mediante portezuelas de corredera *a*, *a* que permitan regular su entrada. El aire viciado pasa al través de las molduras ó cornisas *V* á un tubo de cinc que lo conduce á la cámara *D*, de 8 metros cúbicos de capacidad, situado en la cubierta, de donde desciende en sifón *dac* al hogar *G*, que puede ser el de una cocina. El tubo de salida de humos de ésta, que es de palastro, se dispone dentro de un cañón de ladrillo al cual calentará, produciéndose la aspiración ascensional del aire viciado en el sentido de las flechas.

1504. El aire puro caliente ó fresco, puede penetrar en los aposentos por la parte inferior ó por la superior. En el primer caso, la expulsión del aire viciado es natural y se verifica por aberturas practicadas junto al techo: en el segundo, la salida es por abajo produciendo una ventilación inversa. También la entrada y salida del aire pueden tener lugar por abajo á condición de estar colocadas una opuesta á la otra, según la diagonal de la habitación, de manera que produzcan un desplazamiento tan eficaz como sea posible del aire viciado.

Penetrando el aire nuevo por aberturas ó válvulas dispuestas junto al techo, el viciado *(figura 1735)* tiene sus salidas por regillas *V*, *V*, *V* y se dirije por la parte inferior *cd* al cañón de evacuación que recibe el tubo de humos del hogar H, saliendo afuera del edificio, según indican las flechas.

El hogar que produce la aspiración puede colocarse en los desvanes del edificio. En este caso, los tubos de aspiración del aire viciado, aunque tengan su boca de entrada junto al suelo, se dirigen al desván y la corriente de aire viciado es ascensional desde su salida de los aposentos.

Se combinan también los dos medios por el sistema mixto. En éste, el hogar ó calorífero situado abajo sirve para la renovación del aire en los pisos inferiores y el hogar del desván, que se sitúa en el mismo cañón de evacuación, recibe el humo del inferior y produce la aspiración del aire viciado de los pisos superiores.

El sistema de aspiración por abajo, tiene buena aplicación en edificios de poca altura donde sus efectos son regulares y de un servicio cómodo. La aspiración por arriba puede aplicarse á edificios elevados y tiene la ventaja de que los tubos de evacuación se encuentran en las habitaciones superiores, que son menos importantes por lo general. En cambio, por su situación, la chimenea tiene poca altura y por lo tanto malas condiciones para conseguir un tiro regular, originando esto mayor gasto de combustible en obtener una diferencia de densidad mayor. El sistema mixto tiene más regularizada la aspiración, mejor repartidos sus tubos y exige menor sección en el cañón de evacuación.

1505. La renovación del aire por aspiración, si bien es favorable á la salida del que está viciado, no lo es tanto para que entre aire puro si no se toma de un punto sano, pues el que penetra por las puertas y ventanas puede traer emanaciones malsanas ó impuras de otros locales.

En el sistema que indica la *fig. 1736*, se toma el aire nuevo, lo mismo en invierno que en verano, por el conducto *bb*. En invierno, el aire calentado por el calorífero *C* marchará por los tubos *acd* entrando en las habitaciones por las aberturas *A* ó *c* y saldrá el viciado por las *V* ó por las chimeneas si están encendidas. En estío, como el calorífero *C* estará apagado, el aire fresco del conducto *bb* subirá como en el invierno por la tubería *acd* y el viciado será aspirado por el cañón *eg* que se calentará por un calorífero ú hogar situado en *H*. Cuando haya muchos pisos en el edificio habrá que colocar registros ó lengüetas en las salidas *V*, para impedir que el aire viciado de un piso vaya á otro.

1506. La ventilación por impulsión se obtiene

por medios mecánicos, bombas ó ventiladores y depósitos de aire comprimido, siendo de poca aplicación en edificios si no son grandes establecimientos. Los aparatos han de despedir el aire con gran velocidad para que surtan efecto, y como al mismo tiempo no puede ser admitido en las habitaciones más que con moderada velocidad, resulta una disminución de ésta en los orificios de admisión y una pérdida por lo tanto de fuerza mecánica.

En la ventilación mecánica impelente de algunos edificios, se toma el aire fresco de la parte superior del edificio conduciéndolo por un cañón vertical al ventilador situado en la planta baja, el cual lo aspira y despide luego á lo largo de un tubo de palastro colocado en un corredor, del cual parten otros conductos verticales hasta las habitaciones, donde se toma á voluntad por medio de llaves. Por estos conductos verticales pasan los tubos de calefacción que en el invierno caldean el aire nuevo. El viciado sale de las habitaciones por aberturas practicadas en la parte superior é inferior de las paredes y que por tubería se dirijen á la cubierta donde entran en una chimenea general que los despide fuera del edificio.

En la ventilación por impulsión se favorece la entrada del aire puro, pero no la salida del viciado, el cual muchas veces envía á otras habitaciones, teniendo además el inconveniente de que hay pérdidas por las puertas y ventanas aunque estén cerradas, oponiéndose en cambio á la entrada de aire nuevo por ellas.

1507. CONDICIONES DE LA BUENA VENTILACIÓN Y MEDIOS DE REFRESCARLA.—El ideal de una buena ventilación, exige que el aire puro entre fresco en el verano y caliente en el invierno y que lo haga en el local que se trata de ventilar por las aberturas de introducción y no por otras ó sea por las puertas y ventanas, pues éstas han de considerarse como aberturas accidentales: el aire viciado debe del mismo modo salir únicamente por las aberturas de evacuación. El aire puro ha de estar, además, saturado suficientemente de humedad.

La ventilación más ventajosa se consigue por inyección y aspiración, evitando siempre que se formen corrientes directas de aire puro, como sucede en algunos casos, desde los orificios de introducción á los de extracción, las cuales dejan sin ventilar el aposento.

En la ventilación artificial, los orificios que den entrada al aire puro en las habitaciones deben ser numerosos, así como los de salida del viciado. Los primeros han de situarse lejos de los segundos y tener rejillas de malla en su boca para evitar el paso de los roedores. Las aberturas de salida estarán lo más cerca posible del hogar y del sitio donde se encuentre el aire viciado que han de extraer. Lo mismo unos que otros, han de ser suficientemente anchos para evitar las corrientes sensibles. Bajo este punto de vista, la ventilación inversa, es decir, contraria al movimiento natural del aire que es de abajo arriba, es uno de los medios más seguros de producir una renovación insensible del aire al mismo tiempo que una temperatura igual en las capas superiores é inferiores de la habitaciones.

El caldeo del aire da á éste una potencia tal de absorción de agua, que si no tiene la necesaria por medio de vasijas dispuestas en la habitación caldeada, el aire calentado se satura de agua á expensas de los órganos de las personas, ocasionándoles dolores de cabeza.

1508. Fundándose en el gran número de calorías que son necesarias para convertir el agua en vapor, se ha ideado hacer pasar el aire puro destinado á la ventilación, por entre una lluvia finísima que roba el calor de aquél, resfrecándolo por consiguiente. En la Cámara de los Lores de Londres y en el teatro alemán de Praga, se tamiza el aire nuevo haciéndole pasar por grandes cámaras llenas de telas mojadas, sobre las cuales se proyectan con fuerza muchos chorros de agua sumamente finos. En otras partes se riegan las paredes y las cubiertas cuando son metálicas, y en los invernáculos se dispone en la arista inferior de la cubierta un tubo con numerosos agujeros que dejan caer lentamente el agua por ambos lados de las vidrieras.

Se puede enfriar el aire haciéndole pasar por mezclas refrigerantes, como hielo machacado, sal marina y sal amoníaco, y últimamente se ha ideado comprimirlo por un salto de agua que puede transmitir su fuerza á grandes distancias con poca pérdida, contribuyendo á refrescar el aire por la vaporización rápida del agua arrastrada por un golpe de aire comprimido.

En grandes locales puede bastar la precaución de dar entrada al aire exterior por la noche y cerrar su salida durante el día, contribuyendo á mantener esa temperatura constante de nuestras grandes iglesias, que resultan frescas en verano y abrigadas en invierno, porque el gran volumen de aire que en-

cierran no se puede renovar en el tiempo que están abiertas. La de San Pedro en Roma, se refresca conservándola á una temperatura de 10 á 15 grados, abriendo de noche las ventanas superiores y cerrándolas por la mañana.

1509. CANTIDAD DE AIRE QUE DEBE RENOVARSE PARA UNA BUENA VENTILACIÓN.—Se admite generalmente que el hombre impurifica en una hora unos 4 metros cúbicos de aire y que para mantener éste en buenas condiciones debe haber una renovación por hora é individuo de

15 á 20 metros cúbicos en las habitaciones.
15 á 20 en las escuelas de niños.
30 á 35 en las de adultos.
60 en las salas ordinarias de reunión.
60 en los talleres ordinarios.
100 en los malsanos.
30 á 50 en los teatros, salas de conciertos, etc.
35 á 70 en los hospitales.
150 en los de cirujía.
200 en los de variolosos.
300 en los de parturientas.
30 en los cuarteles, durante el día.
40 á 50 en los dormitorios de los mismos.
20 á 50 en las prisiones.

En las caballerizas debe haber una renovación de 180 á 200 metros cúbicos por caballería.

A los datos anteriores debe aumentarse lo que consumen las luces, que es de 6 metros cúbicos cada bujía, 24 la lámpara y 25 el mechero de gas, cuyo gasto es de 100 litros por hora.

ARTÍCULO IV

Observaciones sobre la calefacción y ventilación de varios locales.

1510. CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN DE HABITACIONES.—Hemos ya indicado que el sistema de calentamiento por medio de braseros ó de estufas es antihigiénico, pues vician el aire sin sustituirlo por otro, originando los mareos y dolores de cabeza que algunas personas experimentan. Las chimeneas de sala, por el contrario, son un excelente medio de ventilación, pues renuevan de 800 á 1000 metros cúbicos de aire por hora y son muy alegres con su fuego aparente, pero además de ser caras é inaceptables por lo tanto en muchas partes, no caldean por igual el aire de la estancia, pues la capa inferior donde están los pies se conserva fría, se templa el aire medio en el cual está la cabeza y se calienta en demasía la capa superior, perdiéndose así en el techo la mayor parte del calor desprendido del hogar. En ciertos casos, hasta produce un enfriamiento en las habitaciones inmediatas y tanto mayor cuanto más activa es la combustión, pues ésta se produce aspirando la atmósfera de aquéllas y por lo tanto originando una corriente de aire que tiene que tomarse en último término del exterior.

Las chimeneas perfeccionadas y los aparatos que reciben de fuera del edificio el aire para la renovación, caldeándolo antes de entrar en las habitaciones, son medios aceptables para calentarlas y ventilarlas en la generalidad de las casas; mas cuando la extensión de éstas es de consideración debe acudirse á la calefacción por medio de caloríferos dispuestos en el sótano para mantener en el edificio una temperatura media de 17 á 18 grados centesimales.

La ventilación de nuestras casas meridionales, se simplifica por medio de las puertas y ventanas ó balcones, cuando están dispuestas convenientemente, y en muchos casos bastará el empleo de los medios indicados (1492) para conseguir una ventilación natural, siempre que produzcan una renovación de aire de 10 metros cúbicos por hora y persona de las que ocupan el edificio.

1511. CALDEO Y VENTILACIÓN DE SALONES.—En los locales que generalmente están cerrados, abriéndose solo en días de recepción, deben caldearse á 19 ó 20 grados en el invierno, para no dañar á los convidados que acuden á ellos en trajes ligeros y procurar que lo mismo en invierno que en verano penetre el aire de la manera más insensible y lo más lejos que se pueda de los asistentes. Si no es fácil admitir el aire nuevo por debajo ni por encima de la estancia, se le da la entrada por entre las molduras, como se indica en la *figura 1726*, donde el aire llega por orificios muy divididos y va á dar en el techo antes de descender al local, por su mayor densidad cuando es frío ó por la llamada de los aparatos cuando es caliente, teniendo presente que lo mismo da que el tubo de conducción de aire sea redondo, como que sea triangular ó de otra sección, con tal que se adapte á la sección de la cornisa ó moldura y tenga las dimensiones suficientes. El aire nuevo entra en el sa-

lón por el intermedio de un corredor ó galería *G* (*fig. 1737*), ó por el piso inferior; á su entrada, el conducto se bifurca dirigiéndose por ambos lados de la sala *bc*, *bc*, hasta el lado opuesto *cc*, en cuya parte inferior ó friso se disponen las bocas de salida del aire viciado, provistas de rejillas adornadas, por las que se dirigirá á la chimenea ó cañón de evacuación del edificio, siendo llamado por el hogar ó por un ventilador que puede ser de mano. Si la sala tiene chimenea, ésta puede producir la aspiración del aire viciado mediante un brasero ó algunos mecheros de gas ú otras luces, que se ocultan fácilmente con una rejilla ó canastillo de flores. Los productos gaseosos de las arañas del salón, pueden tener su salida estableciendo desde el rosetón y entre dos maderos ó viguetas del suelo superior, un conducto por donde escapen á una chimenea.

En edificios antiguos, solo paliativos pueden adoptarse para la renovación del aire viciado. Suelen establecerse, en la parte superior de cada ventana ó balcón, unos registros ó aberturas de corredera que se puedan regular según las estaciones; abriendo las bocas de la chimenea, se disponen sobre el rosetón del techo ó en los ángulos de las cornisas, unos cañones de salida regulados por válvulas y sobre los dinteles de las puertas se colocan conductos largos y estrechos que sean invisibles y dirijan el aire entrante cerca del techo. Se comprende, pues, que los medios que pueden emplearse son muy varios, según la disposición de cada sala.

1512. VENTILACIÓN DE LAS COCINAS. —El olor, desagradable algunas veces, que estas dependencias despiden, se evita fácilmente disponiendo un tubo independiente del de salida de humos, pero en contacto con él para que recoja y arroje fuera dichos olores.

El aire que necesita la combustión, se proporciona en el verano abriendo las puertas ó ventanas; pero en invierno esta entrada directa no solo es desagradable, sino vehículo de enfermedades, y para esta estación se debe disponer una entrada ó toma de aire exterior, de modo que antes de penetrar en la cocina se caldee, pasando por debajo y detrás de los hogares para que dicha cocina no se enfríe, pues si esto sucede, no tardarían en cerrar la entrada los dependientes para evitarse el frío. La entrada del aire debe ser además en la cantidad necesaria para la combustión, pues pudiera suceder en ciertas estaciones que el tubo de ventilación, en lugar de servir para la expulsión de los olores, sirviera de tubo descendente cuando la combustión es muy activa y muy poderosa la llamada del hogar.

Es, además, muy conveniente que las puertas que ponen en comunicación la cocina con las habitaciones sean dobles y se cierren por sí solas, para evitar en lo posible que el olor del carbón y de los guisos se transmita á ellas.

1513. VENTILACIÓN DE LOS RETRETES.—Después de expuesto lo que precede, se comprenderá por qué los retretes situados cerca de las cocinas transmiten malos olores á las habitaciones. El calor de los hogares produce un tiro directo del excusado, cuyo aire es más frío, y los gases que de él se desprenden se difunden por la cocina y por las demás habitaciones, sin salir por la chimenea. Lo mismo sucede cuando los comunes están cerca de las escaleras y piezas bañadas por el sol, ó calentadas por la respiración de las personas que en ellas se hallan, ó caldeadas por cualquier causa: en ellas, el aire frío del retrete es aspirado y el mejor remedio para ello es aislar estas dependencias por medio de un espacio al aire libre, aunque cubierto y abrigado. Pero ya que esto no sea posible por la crudeza del clima, por lo incómodo que este paso sea ó por otras circunstancias, pueden adoptarse, según los casos, varias disposiciones, entre las cuales puede ser alguna de las siguientes:

1.° Establecer una comunicación desde debajo de la cubeta del retrete hasta una chimenea, en la que el tubo deberá ser metálico y se prolongará hasta unos 4 á 5^{m} de altura, para que caldeado el aire en él encerrado, llame al cañón de la chimenea los gases mefíticos del excusado, que de este modo podrán ser quemados.

2.° Disponer una tubería desde la parte alta del pozo negro ó depósito de aguas sucias hasta la cubierta, colocando en su medio una fuerte luz de mecha que caldee dicha cañería, para que se establezca una corriente ascensional que arrastre los malos olores. Esta luz puede servir al mismo tiempo para alumbrar la escalera ú otras dependencias, teniendo cuidado de que la vidriera por donde pase la luz ajuste herméticamente.

3.° La salida de los gases desde el depósito á la cubierta, puede hacerse también por una tubería de hierro colocada entre los cañones de dos chimeneas ó dentro de uno solo, para que el aire interior se caldee y produzca el tiro ascendente.

4.° Hacer que la cañería de aguas sucias continúe verticalmente hasta la cubierta, defendiendo esta salida de los aires del Norte, para que la exposición al Mediodía y el calor del sol hagan un tiro ascensional en la cañería.

En todos estos casos, se procura una entrada de aire fresco por la parte inferior, tomándolo del Norte para que en este punto se halle siempre más baja la temperatura y no pueda haber retroceso en las corrientes ascensionales.

1514. VENTILACIÓN DE CABALLERIZAS.—El calor que desarrolla la respiración de los animales, tiene generalmente su salida por ventanas dispuestas en la parte superior de las cuadras, procurándose que estén en el lado opuesto al de la entrada del aire nuevo, que debe penetrar por detrás de las caballerías. Si las ventanas están expuestas directamente al Sur ó al Norte, conviene resguardarlas con telas de rejilla metálica que moderen el ardor del Mediodía ó templen la frialdad del viento Norte.

Cuando esta ventilación no es posible, hay que acudir á los tubos de evacuación que arranquen del techo y den salida por cima de la cubierta al aire viciado. En este caso, las bocas de evacuación se proveen de puertas de corredera ó de báscula, para regular la salida del aire viciado. Estos conductos se hacen á razón de 2 decímetros cuadrados por caballería, aunque modificadada esta medida según sea la elevación del techo, el cierre más ó menos perfecto de las ventanas y la frecuencia con que se verifique la limpieza ó extracción del estiercol. La salida fuera de la cubierta debe terminarse con un sombrero movible que la ponga al abrigo de los vientos y de las lluvias que pudieran detener la ventilación.

Á pesar de todas estas precauciones, entre los gases que por diversas causas se producen en las cuadras, los que son más ligeros que el aire pueden salir fácilmente por los tubos á la cubierta, pero los que son más pesados es difícil expulsarlos. La entrada del aire exterior junto al piso de las cuadras, remueve cuando está en moviento la capa de ácido carbónico que ocupa la capa inferior de aire, elevándolo y mezclándolo con el de la cuadra, y solo una pequeña parte sale por los orificios del techo, situados en la pared opuesta á la dirección del viento, quedando el resto en el local. Para extraerlo, se ha adoptado con buen resultado el siguiente sistema, propuesto por el ingeniero militar Sr. Sancho. En el sitio donde caen los orines, dada la posición natural del caballo, se establecen para cada uno un pozo rectangular de unos 50 c/m de anchura y de 1 á 1m50 de profundidad, los cuales se comunican entre sí por su parte superior, haciendo que de algunos de ellos vayan conductos horizontales á una chimenea ó tubo vertical que termine en la cubierta del edificio y cuya sección sea mayor ó el doble de la suma de los orificios de los sumideros. El tiro de la chimenea obliga al aire de la cuadra á salir por las bocas de los sumideros, estableciéndose una corriente que nunca se interrumpe y que arrastra todos los gases, lo mismo los ligeros que los pesados.

1515. VENTILACIÓN Y CALDEAMIENTO DE ESCUELAS, OFICINAS, BIBLIOTECAS, ETC.—En estos locales, donde la inteligencia trabaja mientras el cuerpo descansa, es necesario que éste no sufra fatigas que distraigan aquélla, y tratándose de escuelas, debe atenderse con mucho más esmero á la calefacción y ventilación, por ser más delicado el organismo de los niños y menos sufrido su carácter, procurando hacerles agradable la estancia en las clases.

La temperatura conveniente en estos sitios, es la de 14 á 15° centesimales, procurando que el calor se comunique primeramente á la capa más inferior del aire ó sea junto al suelo.

La calefacción de las escuelas no en todas partes es igualmente útil. En los pueblos pequeños y pobres, donde los alumnos concurren á ellas sin abrigos y hasta descalzos, puede serles perjudicial salir de una atmósfera caldeada en demasía á respirar el aire helado del exterior.

En algunos casos bastará establecer ventiladores á unos dos metros de altura, situándolos en los ángulos de la sala, ó hacer aberturas acodadas á la misma altura, dispuestas de trecho en trecho en los muros exteriores, las cuales se cubren de tela metálica y se proveen de registros moderadores. También pueden hacerse conductos en forma de embudo, que partiendo del techo de la sala tengan su salida á un metro ó metro y medio encima de la cubierta.

Pudiera adoptarse en algunos casos el procedimiento de conducir el humo y gases de la combustión producidos en un hogar elemental á través de los pisos para lo que éstos se deben disponer dobles, haciendo salir los productos por chimeneas ó conductos construidos en el espesor de las paredes del lado opuesto al del hogar.

La estufa perfeccionada *(fig. 1713)*, es aplicable haciendo que el tubo de humos se dirija por medio de la sala á una chimenea ó al exterior del edificio, según aparece en la *fig. 1738*, pero haciendo que el aire exterior llegue á la estufa por su parte inferior *bd*, la cual lo arrojará caliente á la sala y dando salida al que está viciado por aberturas dispuestas en la parte inferior de las paredes que se comunican con el cañón de evacuación *A*. Estas aberturas de salida deben ser en gran número, una por cada cuatro alumnos, y su disposición y forma han de estudiarse con detenimiento para que no se obstruyan ó ensucien con el barrido, haciendo además curvos sus ángulos de unión. En invierno, cuando se ha caldeado la atmósfera de la sala, se abren los registros que comunican con la chimenea de llamada *A*, la cual, habiéndose calentado con el humo, produce la aspiración del aire viciado. En verano, la entrada del aire se modificará de modo que sus portezuelas se abran interiormente á 45° y la salida del viciado podrá verificarse por la parte superior *T*, activándose el tiro si es necesario con una luz colocada en la parte inferior *S* del cañón de evacuación.

En los Estados Unidos se emplea la disposición indicada en la *fig. 1739*. La estufa de calefacción *C* se sitúa en un ángulo y la boca de salida del aire viciado *V*, que es ancha, en el opuesto, entrando el aire nuevo por arriba y saliendo el viciado por el cañón *cn*, donde está colocado el tubo de humos, después de pasar por debajo del pavimento desde *V* á *c*.

Cuando los salones tengan dimensiones extraordinarias, puede adoptarse la disposición de la *figura 1740*. El calorífero *C* calentará en invierno el aire del sótano *S* para que llegue templado por el conducto *abc* á la cámara *D* dispuesta en la cubierta, donde podrá mezclarse con el exterior del edificio abriendo el registro *R* y desembocará en la sala por numerosos orificios abiertos en el techo. En el verano, el aire estará fresco, pues el calorífero no funcionará. La evacuación del aire viciado se efectuará por varias aberturas practicadas en la parte inferior ó friso *V*, *V* de las paredes, y pasando por debajo del piso será llamado por el cañón de evacuación *sn* que debe estar caldeado por el tubo de humos del calorífero en el invierno y por un hogar auxiliar *H* en el verano. El registro *R* que ha de servir principalmente en verano, se dispone á la sombra y frente al Norte, al contrario del cañón de evacuación que debe estar abrigado para que no se enfríe y se mantenga caliente en toda su altura.

1516. VENTILADORES DE CAFÉS, TERTULIAS, ETC.—El aire fresco ó caldeado previamente, según las estaciones, debe entrar en los salones por la cornisa, junto al techo, según un ángulo de 45° como indica la disposición de la *figura 1726*, y dar salida al aire viciado por la parte inferior ó friso debajo de los asientos, la cual se comunique con varios cañones de evacuación que lo conduzcan á la chimenea de llamada. Las luces pueden servir también para la aspiración del aire viciado, disponiéndolas según representa la *fig. 1729*.

En países de clima regular puede adoptarse la evacuación del aire viciado por linternas dispuestas en el techo *(fig. 1741)*, regulando la salida por persianas movibles *V*. Si el clima es variable, sucede muchas veces que el aire nuevo que penetra por el friso *F* de las paredes es molesto para las personas que se hallan inmediatas y las corrientes de aire frío pueden descender por el techo no dejando salida al aire viciado y enfriando en demasía el local.

1517. CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN DE MANICOMIOS, PRISIONES, ETC.—Las celdas de estos establecimientos no exigen una temperatura muy elevada y basta que se mantengan á unos 15 grados centesimales; en cambio la renovación de aire debe ser constante y en abundancia, pues que la permanencia en ellas de los presos ó alienados es constante y muchos de ellos exhalan un olor cutáneo infecto por su poca limpieza.

La ventilación natural en el estío puede conseguirse disponiendo que cada cuarto tenga una ventana alta y que la puerta no llegue al suelo para que el aire del corredor pueda penetrar en la celda y salir el viciado por la ventana. En el invierno, el aire caliente debe ir por conductos que vayan directamente desde el calorífero á cada cuarto por las paredes exteriores, desembocando por medio de llaves dispuestas cerca del techo, de manera que se pueda regular su entrada ó cerrar el paso si la celda está desocupada. Una ventilación regular no puede, sin embargo, establecerse más que artificialmente ó sea por medios mecánicos.

Una precaución que es necesario tomar en las cárceles al establecer los tubos de conducción de aire nuevo ó viciado, así como los de salida de

aguas sucias, es que no sirvan de tubos acústicos para comunicarse los presos de unas celdas con los de otras.

1518. VENTILACIÓN Y CALENTAMIENTO DE HOSPITALES.—La pureza del aire, sea caliente ó fresco, es una condición muy importante cuando se trata de renovar el que se vicia en los hospitales.

Al entrar en las salas se repartirá lo más posible para que la impresión de los enfermos sea insensible, procurando que recorra todo el ámbito y especialmente los rincones, donde es más difícil que lleguen las corrientes.

Conviene que cada enfermo disponga de una renovación independiente, con objeto de que los miasmas de los unos no vayan á inficionar el aire de los inmediatos, y á ser posible que se sustraiga á sus propias emanaciones. Cuando se reciba directamente del exterior en el estío, puede disponerse como se explicó para la *fig. 1727*, en el caso de que la salida del aire viciado sea por la parte superior de las salas: entonces se establecen en los ángulos del techo trampas movibles ó válvulas *ad* (*fig. 1742*) que puedan manejarse desde abajo por medio de una cuerda *dcb* y una polea *c*, por cuyas trampas saldrá el aire viciado al cañón *E* que lo conducirá á la chimenea de salida. Esta ventilación puede activarse con luces. Entrando el aire nuevo por la parte superior de las salas, se adopta para ello la disposición de la *fig. 1726*. En el invierno, el aire debe tener una temperatura de 19 á 20 centígrados.

Cuando el aire de la renovación haya de ser calentado, conviene que el calorífero tenga una doble envolvente (*fig. 1743*), con objeto de que entre el aparato y la primera camisa *nn* se caliente el aire que viene del exterior, el cual se templa á voluntad, según las necesidades, mezclándole aire frío que se toma por entre la camisa anterior y la segunda *ss* manejando las llaves *L*, *L*. El aire así templado marcha por los conductos *D*, entrando por los cuatro rincones de cada sala, junto al techo, para ser llamado de arriba abajo por los conductos de evacuación.

En el cuartel-enfermería de Archena, cuyas salas de tropa dan 25 metros cúbicos de aire por soldado, estando habitadas solamente en primavera y otoño y donde puede establecerse la ventilación natural de las ventanas durante el día y parte de la noche, pues el clima cálido lo consiente, se ha procurado establecer medios de ventilar dichos dormitorios, evitando corrientes de aire perjudiciales, sin recurrir á sistemas cuyo funcionamiento exigiera gastos permanentes. A tal fin hay en cada uno de los dormitorios (que tienen 24m30 de longitud por 6,20 de anchura y 4,30 de altura) y sobre las ventanas, cuatro bocas de entrada de aire (dos en cada frente) con aparato apropiado para que la corriente se dirija al techo, y medios fáciles de variar la abertura hasta cerrarla si se creyera necesario. Además en cada hoja de ventana se ha puesto un ventanillo en la parte alta con cristal perforado (182) que esparce las corrientes de aire sin los perjuicios que de otro modo pudieran originar. La extracción del aire viciado está asegurada por bocas situadas en la parte baja de cada sala en comunicación con los conductos de extracción embutidos en los muros, desembocando en colectores establecidos en los desvanes y éstos en una cámara de aire que tiene aproximadamente la forma de un paraboloide, provisto al exterior de tres aspiradores y atravesado en el eje por la chimenea (metálica) de la cocina, que desemboca directamente en la atmósfera. Las luces en cada dormitorio están suspendidas de un tubo, en comunicación con los colectores de aire viciado, y una pantalla unida á él recoge los gases de la combustión que salen por la chimenea de aspiración, constituida por la cámara de aire y aspiradores. Por estos medios, los dormitorios resultan ventilados en términos de no percibirse durante la noche esos efectos tan conocidos de todo el que penetra en tales estancias. La ventilación, que según cálculos aproximados hechos por el autor del proyecto, debía llegar por término medio al punto de renovar el aire una vez cada hora, se consigue indudablemente, contribuyendo á ello: primero, la aspiración por el calor que ocasionan, durante el día la chimenea de la cocina calentando el aire de la cámara superior, y durante la noche las luces de los dormitorios al evacuar por los colectores el aire viciado y calentado por la misma luz; segundo, la aspiración mecánica que la velocidad del viento (por medio de los aspiradores ventiladores) origina en la misma cámara con la que están relacionadas todas las bocas y conductos de extracción del aire viciado; y tercero, las bocas y cristales perforados que facilitan la entrada del aire puro en buenas condiciones higiénicas.

1519. VENTILACIÓN DE TALLERES.—En estos locales, además de la respiración de las

personas, se desarrolla una fuerte traspiración que es ayudada por el poco cuidado que algunos trabajadores tienen de la limpieza de su cuerpo. Es preciso, pues, más que en otros puntos, una ventilación abundante y ninguna mejor que la natural cuando se establece por la diferencia de temperaturas, entrando el aire nuevo por el Norte y parte inferior del local y saliendo el viciado por ventanas de compuerta dispuestas junto al techo en el lado opuesto ó sea el del Sur. Si no hay ventanas más que en un muro, se dividirán en tres partes, la del medio fija y las otras dos movibles, subiendo la una cuando se baje la otra con objeto de establecer dos salidas naturales. Un segundo medio consiste en aplicar al techo un sifón ventilador encerrado en una pequeña torrecilla donde se encuentran dos conductos con salidas á diferentes alturas para que la diferencia de densidades de las capas del aire interior y del exterior determine un desplazamiento en los dos conductos. Esta torrecilla se rematará con un sombrero móvil que ponga la salida al abrigo de la lluvia y utilice la fuerza del viento para la aspiración. Este aparato debe colocarse en el punto más elevado, aprovechando la caja de las escaleras ó de un montacargas para conseguir una chimenea eficaz de aspiración natural.

Esta corriente tendrá que favorecerse, en tiempo de calma ó de calor, con ventiladores mecánicos de paletas, de hélice ó de aire comprimido que arrojen aire nuevo al local y por medio de chimeneas ventiladoras *(fig. 1707)*, las cuales deben adoptarse con preferencia cuando el trabajo del taller produce polvo, pues debe evitarse que éste se levante del suelo formando polvareda y nada mejor para evitarlo que la llamada por las capas inferiores del aire del local.

Se procurará que la introducción del aire en tiempo frío no sea brusca sobre los obreros, pudiendo emplearse para ello cañones como el de la *fig. 1744*, en los cuales se aloje el tubo de conducción del calor *rc*, para utilizarlo en el invierno si el taller se ha de calentar. En este caso, la temperatura más conveniente es la de 12 á 15° y la entrada del aire caliente se debe efectuar por la parte superior, haciendo por abajo la llamada del aire viciado.

1520. VENTILACIÓN DE TEATROS.—Nada más complicado que la calefacción y ventilación de estos locales, por componerse de tres capacidades distintas que son: el escenario, la sala y los corredores, que unas veces están en comunicación y otras separadas, estableciéndose corrientes fuertes cuando la diferencia de temperatura es grande y se abren las comunicaciones, ya por las puertas entre los corredores y la sala, ya por el telón de boca cuando se levanta. La araña, cuando su luz no es eléctrica, determina una corriente enérgica de las ondas caloríficas hacia el techo, con detrimento de la acústica y de la igualdad de temperatura. La situación de los espectadores, unos en pisos superpuestos alrededor de la sala y otros en sentido horizontal en el centro y parte más baja, es otra dificultad, no pequeña, para establecer una calefacción y ventilación en este recinto.

En la resolución del problema de caldeo y ventilación de un teatro, se ha de proporcionar en todos sus puntos la renovación de aire fresco en el verano y caliente de 14 ó 20 grados centesimales en el invierno, evitando siempre las corrientes, que son en extremo peligrosas, especialmente para la mujer. Los medios para conseguirlo no han de perjudicar, además, á las condiciones acústicas.

El teatro debe caldearse antes de entrar los espectadores y no empezar la ventilación hasta que esté lleno, la cual no debe abrazar los corredores y el escenario. El calentamiento de la sala, de los corredores y de las escaleras ha de ser directo, entrando el aire nuevo en la sala por las cornisas ó por el techo y efectuando la llamada del viciado por abajo á lo largo de los palcos, de las plateas y de las graderías. El aire fresco en el estío debe llevar la misma marcha, empleando un ventilador mecánico para evitar las corrientes.

1521. CALEFACCIÓN Y VENTILACCIÓN DE IGLESIAS.—El aire que penetra por las puertas produce una renovación, pues se establece una corriente hacia las bóvedas, en las cuales está el aire caldeado por las luces y por los gases de la respiración, de manera que las ventanas pueden ser un poderoso medio de ventilación, como se ha indicado en el artículo anterior (1508). Por esto mismo, conviene que cuando deba enviarse aire caliente, entre éste en el templo por numerosas bocas dispuestas en el suelo, sea que se adopte el aire ó el agua caliente para la calefacción.

Si el aparato es de agua caliente, se establece en los sótanos ó criptas y si es de aire caliente puede colocarse en algún rincón ó ángulo de la misma iglesia, disimulando la chimenea detrás de algún pilar ó dentro de cajas practicadas en las paredes.

Puede también situarse en algún cobertizo ó local adyacente al templo.

1522. CALEFACCIÓN DE LOS INVERNÁCULOS.—Los temperamentos tan diversos de las plantas, exigen distintos grados de calor, de luz y de ventilación y desigual humedad atmosférica. Florecen, además, las plantas en épocas diferentes y todas estas causas exigen que los distintos compartimientos de un invernáculo reciban el calor á diversas temperaturas. Por eso se llaman *templados* los que tienen su temperatura á 10° y *calientes* los que pasan de ella.

No es conveniente el caldeo de los invernáculos por medio de aire caliente, porque necesitando éste para circular una temperatura alta y una inclinación de 2 por 100 en los conductos, el aire llega muy seco y tiene una acción irritante sobre las plantas, á las que deseca, robándoles la humedad que tienen, empezando por decaer para concluir con la muerte. El caldeo por agua caliente á la presión atmosférica ó por vapor á baja presión, parece ser el más ventajoso, porque puede llevarse á grandes distancias con pendientes mínimas y permite que después de apagado el fuego se conserve el calor del agua, mucho más si aquél se cubre con ceniza húmeda. Tiene además la ventaja de poderse caldear á distinta temperatura los compartimientos del invernáculo con solo colocar mayor número de tubos en los que la exijan más elevada. En lo demás, el calor debe repartirse por igual, dando 10 á 12 $^{c}/_{m}$ de diámetro á los tubos de circulación, que pueden ser de cobre ó de hierro colado.

La caldera se dispone junto á la pared del invernáculo y la chimenea puede situarse dentro para que se aproveche más el calor del aparato, pero cuidando que el hogar dé á una pieza independiente, con la que no haya comunicación. Los tubos de circulación se colocan en canales dispuestas en el suelo, las cuales se cubren con rejillas ó placas metálicas, no importando nada los recodos ni las puertas para ello.

Además de esta calefacción, los invernáculos se abrigan haciendo puertas dobles en las entradas y dobles vidrieras, y para enfriarlas se dispone en la arista del techo un tubo con numerosos agujeros, por donde puedan salir finos filetes de agua que determinan una evaporación y por lo tanto un enfriamiento eficaz.

En el caldeo de los invernáculos hay pérdidas de calor á través de las vidrieras que forman sus paredes y techumbres, así como por las rendijas y cuando se hace la renovación del aire. El vidrio no deja pasar el calor oscuro en tan gran cantidad como el luminoso y para que éste, ó sea el de la luz del sol, encuentre el menor obstáculo posible, se deben emplear vidrios semidobles (3 á 4 $^{m}/_{m}$), que resisten bien á la nieve y á la helada. El aire para la renovación debe entrar á una temperatura dulce, para que á su contacto con las plantas no produzca un resfriamiento brusco de los tejidos de éstas. En invierno, basta para la renovación el aire que pasa por las rendijas ó juntas y por los cierres de las vidrieras.

CAPÍTULO VIII

Obras diversas de los edificios y sus dependencias

ARTÍCULO I

Obras de limpieza de los edificios.

1523. DESCOMPOSICIÓN DE LAS SUSTANCIAS EXCREMENTICIAS.—Si bien son inofensivas recien expelidas, salvo casos especiales de enfermedad, las sustancias excrementicias, tanto sólidas como líquidas, experimentan poco tiempo después una descomposición durante la cual hay un abundante desprendimiento de gases deletéreos y de principios miasmáticos que son en alto grado perjudiciales, pudiendo causar el desenvolvimiento de enfermedades infecciosas. Esta descomposición termina, sin embargo, por convertirse las sustancias en principios fijos é inofensivos. Y como el gérmen de ciertas enfermedades miasmáticas ó miasmático-contagiosas se encuentra en las materias excrementicias y con bastante frecuencia el contagio no proviene del cuarto del enfermo sino del retrete y del depósito de sus productos, que el doctor Budd llama propiamente la prolongación directa de los intestinos de los enfermos, se comprende cuan importante es en un edificio, y más si es hospital, el alejamiento inmediato de las inmundicias y la incomunicación absoluta de los conductos y del depósito con los locales habitados. Se ha observado, además, que las materias al libre contacto del aire fermentan más que en una capacidad cerrada, y que depositando de este modo las sustancias excrementicias, se verifican reacciones no conocidas hasta ahora, por medio de las cuales quedan dichas sustancias convertidas al poco tiempo (menos de un mes) en un líquido homogéneo muy poco turbio y coloreado, casi inodoro y que lleva en suspensión, bajo la forma de hilos ó de granos casi invisibles, todo aquello que no ha podido disolverse; y si se mezcla con diez veces su volumen de agua, apenas la enturbia, y el olor debil como de caucho sulfurado que despedía primeramente casi desaparece. Aumentando el agua hasta cien veces el volumen del líquido, da un producto límpido é inodoro.

1524. SISTEMAS IDEADOS PARA EL ALEJAMIENTO DE LAS MATERIAS FECALES.—Varios son los medios que se proponen para alejar de las viviendas los peligros que lleva consigo la fermentación ó descomposición de las inmundicias, pudiendo dividirse en dos grupos: unos donde la evacuación de los pozos ó fosas es local y otros en los que ésta es general.

Al primer grupo pertenecen: 1.°, el sistema natural ó primitivo que podría llamarse rural; 2.°, el de regeneración por la vía seca, que trata, mineralizando las materias, de convertirlas en principios fijos inofensivos, el cual ha dado lugar al procedimiento conocido por earth-closet, ideado por Moule y á los de Roth y Lex, Parker, Gibson, Boud, Morrell, Moser y Goux; 3.°, sistema de decantación, de Bounefin, que consiste en impedir la acción del agua sobre las sustancias putrescibles; 4.°, sistema absorbente ó *de pozos ciegos;* 5.°, el de fosas fijas, llamado permeable, y 6.°, sistema de fosas móviles.

1525. Pertenecen al segundo grupo ó de evacuación general: 1.°, los procedimientos neumáticos; 2.°, el llamado separador ó diferenciador, fundado en el establecimiento de dos canalizaciones diferentes, una para las aguas sucias domésticas, de lluvia ó industriales y otra para la evacuación neumática de los resíduos humanos; 3.°, sistema Berliez, apo-

yado en el mismo principio de aspiración neumática que los dos anteriores; 4.º, el de Shone, de cualidades análogas á los anteriores, muy ingenioso pero muy complicado; 5.º, sistema *divisor*, aplicable á las fosas fijas ó móviles, donde se procura la separación entre los resíduos orgánicos sólidos y los líquidos; 6.º, sistema *tubular;* 7.º, el de Warring, que es una variación del anterior; 8.º, el *diluidor* de Miotat; 9.º, los sistemas de canalizaciones con fosas automáticas, entre los cuales descuella el de Mouras; 10.º, sistema de evacuación hidráulica de Amoudruz, muy parecido al anterior, y 11.º, el de circulación completa y continua por un alcantarillado.

1526. El sistema último es el más aplicado, excepto en las poblaciones donde el terreno no tiene vertientes ó están rodeadas de canales y las en que por falta de agua no pueda hacerse la evacuación completa por aquél. Pero si la circulación es completa y continua por el alcantarillado y se dispone del agua necesaria para el pronto arrastre de las materias á favor de una pendiente: si toda la red está bien ventilada y construida con materiales hidrófugos que aseguren la impermeabilidad de los conductos, lo más acertado será acometer los bancos de excusado directamente á la red, disponiendo esta comunicación con arreglo á los preceptos siguientes: 1.º, que el cierre sea hermético para evitar que la ventilación del alcantarillado se opere á través de los locales, que de otro modo tendrían comunicación con él; 2.º, que se establezca una ventilación desde cada retrete hasta la altura de la cubierta rematando con caperuzas adecuadas, y 3.º, que se disponga de agua para la limpieza del retrete en cantidad cuando menos de diez litros diarios por habitante. A falta de alcantarillado, hay que acudir á la construcción de depósitos que lo sustituyan; y como la construcción de una red de alcantarillas se sale fuera de los límites de este TRATADO, nos ocuparemos solamente de la construcción de los retretes con sus conductos de evacuación y de los depósitos para los casos en que no haya alcantarillado donde arrojar las inmundicias.

1527. DISPOSICIONES DE LOS RETRETES Y SU VENTILACIÓN.—Al fijar el sitio de un retrete, debe huirse de las despensas ó lugares donde se guarden alimentos para que no se alteren, de los pozos, aljibes, fuentes, etc., para que no inficionen sus aguas y situarse en donde haya luz y gran ventilación como corrales y patios, resguardándolo al mismo tiempo del sol, del calor y de los aires subterráneos. En edificios de uso general ó público se procurará que su entrada no esté muy á la vista: puede situarse en un corredor ó en una salida para que no se adivine de donde vienen ó á donde van las personas que necesiten acudir á este lugar, es decir, que se encuentre donde haya otras puertas inmediatas de las cuales hayan podido salir. Por el contrario, los retretes públicos se aislan completamente y tienen claramente señalado su objeto.

El retrete ha de tener, cuando menos, un metro de anchura por $1^{m}60$ á 2 metros de longitud por cada asiento, no debiendo haber limitación en cuanto á su altura por la conveniencia de que haya gran capacidad de aire para que en caso de desprenderse algún miasma pueda ser menos molesto.

En estos locales, además del vaso receptor debe disponerse un lavabo con su correspondiente dotación de agua, especialmente en los destinados al uso público á los que se entra por antecámaras de espera. Algunos de estos tienen gabinete para tocador y vestuario y muchas veces están combinados con los meaderos.

1528. Las paredes del aposento acostumbran revestirse de azulejos, así como el suelo, y al hacer éste, es oportuno darle pendiente hacia un punto del que parta un conducto que desagüe en el tubo de aguas sucias, con el fin de que por él se escurran las que se viertan fuera del orificio principal ó las que resulten del fregado ó baldeo del piso. El solado mejor es el de cemento bien bruñido, pues en los enlosados ó embaldosados, hay una gran dificultad en tomar bien las juntas para que sean impermeables, además de que todas las baldosas de barro son más ó menos porosas y absorbentes. En los asfaltados, consumen los orines la parte terrosa que se mezcla al betún para darle firmeza y la superficie se vuelve rugosa, estancándose los orines en las cavidades y produciendo vapores amoniacales.

1529. En edificios rurales el asiento del común, si no cae verticalmente sobre un estorcolero, comunica con él por medio de un conducto más ó menos recto, cuyo sistema puede adoptarse cuando hay, como en el campo, grandes espacios sin habitar y los productos del estercolero se conducen fuera del edificio antes de que empiece su descomposición.

1530. La ventilación de estos locales debe pro-

curarse á toda costa abriendo grandes ventanas, y si la benignidad del clima lo consiente, estableciendo un paso al aire libre, aunque cubierto, entre las habitaciones y el retrete.

Cuando estas condiciones no se pueden llenar, se establece una ventilación automática en las ventanas ó mejor por medio de un tubo que partiendo del techo, termine en la cubierta del edificio, para dar salida á los gases mefíticos más ligeros que el aire y que por esta circunstancia ocupan la parte más alta del retrete. Puede establecerse otro tubo que tenga su entrada junto al piso, el cual debe estar dentro del anterior hasta su salida del edificio, á fin de que el calor de éste produzca la llamada ó tiro necesario para que se establezca una corriente de abajo arriba. Este efecto se aumenta haciendo que la salida en la cubierta esté abrigada del Norte por medio de una pared ó dos, formando ángulo, cuya bisectriz esté dirigida al Mediodía, pues de este modo habrá siempre más calor en este punto que en el resto de la cubierta, especialmente cuando el sol le dé de lleno, y se producirá la aspiración necesaria para la evacuación de los olores. Una luz encendida, cuyos gases vayan á salir por el tubo de evacuación, activa el tiro de éste y puede suplir por la noche la falta del sol.

1531. ASIENTOS Ó VASOS ORDINARIOS DE COMÚN.—Los asientos de tabloncillo elevado que se acostumbra establecer en las casas particulares, empleando la madera, los azulejos, el mármol ú otros materiales análogos, deben proscribirse en escuelas, cafés, teatros, casinos, etc., porque en estos establecimientos es difícil obtener una limpieza regular. La disposición *á la turca* ó de tablero bajo que indica la *fig. 1667*, es en estos sitios preferible. Consiste en una losa *abcd* elevada unos 20 $^c/_m$ sobre el piso del retrete, labrada con vertiente hacia el agujero *A* y con dos resaltos *R*, *R* convenientemente dispuestos para colocar los pies, evitando así que estén sobre humedades. El piso del retrete debe tener también inclinación hacia el frente *o* de la losa, para que las aguas que no caigan sobre ésta se dirijan al platillo ó fondo del recipiente.

1532. En lugares habitados, debe proscribirse como antihigiénico el sistema antiguo de comunicar directamente la taza ó platillo del excusado con las letrinas ó depósitos de aguas sucias, interceptando, por el contrario, toda corriente de aire que de dicho depósito vaya á salir por el agujero del común, pues inficionaría, no solo este aposento, sino todo el edificio.

Se quitan en gran parte estos olores, estableciendo un tubo desde el platillo del vaso receptor, ó un poco más bajo, hasta la cubierta del edificio, en la que se dispone un abrigo á la salida del tubo para que esté defendida del Norte y expuesta al Mediodía, á fin de conseguir la aspiración. Este medio da buen resultado cuando el sol caldea esta salida, pues se produce hacia ella una corriente desde el local del retrete, si la taza ó platillo está destapado. Por la noche ó en días fríos, debe éste taparse para evitar que la aspiración se produzca por el ambiente más cálido de la casa y que los malos olores invadan á ésta.

Estos inconvenientes se evitan hoy fácilmente, cerrando la comunicación entre el aparato receptor y la cañería de desagüe, empleándose para ello los llamados *inodoros* de los que hay varios sistemas que se diferencian en que el obturador es en unos *metálico* y en otros *líquido*.

1533. INODOROS METÁLICOS.—En esta clase de aparatos se establece la incomunicación por medio de un platillo de hierro galvanizado *ac* (*fig. 1668*), situado en el fondo de la *taza T*, el cual hace el oficio de válvula y se mantiene cerrado por un contrapeso *P*, mientras el excremento con su peso no le obliga á abrirse y tomar la posición *ac'* y al contrapeso la *P'*.

Este sistema debe su propiedad de inodoro al líquido que permanece sobre aquélla cuando se ciñe á la boca inferior de la taza; pero aunque esté en perfecto estado de conservación, lo cual es difícil, cada vez que se abre la válvula, los gases de la cañería salen por más que se cierre inmediatamente; y como para que este movimiento sea sensible se hace pequeño el contrapeso, resulta que ciertas materias quedan en el fondo de la válvula y hay que acudir á una escoba para limpiarla. Además, con el tiempo se acumulan en ella materias fecales y no se ciñe bien á la taza, dando salida á los gases por los intersticios. Parte de estos defectos se corrigen cuando se dispone de agua, la cual se arroja al mismo tiempo que se abre la válvula por medio de un tirador que se maneja á mano ó que se vierte independientemente de este movimiento. Pero el agua humedece muchas veces la fábrica y encharca los suelos y el mecanismo se descompone con frecuencia.

1534. INODOROS HIDRÁULICOS Ó DE

SIFÓN.—Fundado en el principio de que los líquidos tienden á buscar su nivel, se han ideado y tienen hoy gran aplicación los sifones invertidos, de que se presentó un ejemplo en la *fig. 45*. Haciendo que el nivel *cd* del líquido esté más alto, aunque poco, que el punto *o*, es indudable que el aire del tubo *B* no podrá pasar á la boca *A*; de modo que si dicho tubo es el desagüe del excusado, los olores del depósito ó del alcantarillado no podrán transmitirse á la cámara donde se halle la abertura *A*, ó sea al retrete, quedando en éste, sin embargo, los que despida el líquido detenido en el sifón, cuyos miasmas deben tener su salida por los medios de ventilación de retretes (1513).

El sistema de sifones constituye un cierre hidráulico permanente, cuyo buen efecto depende solo de su colocación, para la cual se ha de tener presente que el lomo de desagüe *c (fig. 1669)*, quede más alto que el recodo *o*. Puede, sin embargo, dar paso á los malos olores, cuando por arrojar violentamente los líquidos vierten éstos en demasía por el lomo *c* y queda el nivel del líquido más bajo que el punto *o*, pasando entonces por este espacio los gases. Este inconveniente se remedia vertiendo suavemente agua sobre el líquido antes revuelto, ó acabando por verter despacio cuando se hace con violencia, la cual sin embargo es necesaria para efectuar la limpieza del sifón. Por esto y porque sucede algunas veces que al arrojar agua en un excusado, la bajada de ésta por el conducto general produce una aspiración del líquido de los sifones situados superiormente, quedando con frecuencia el punto *o* en seco por bajar el nivel *cd*, se debe procurar que el desnivel entre los puntos *o* y *c* sea cuando menos de 4 $^c/_m$. Se disminuye bastante esta aspiración cuando el tubo de desagüe tiene salida á la cubierta del edificio.

Para que en la colocación de estos aparatos quede el punto *o* más bajo que el de desagüe *c*, se vierte agua en ellos á fin de que su nivel lo indique, por más que si son paralelas por construcción la base *er* y la boca *bb*, basta hacer que ésta se encuentre horizontal, aunque bueno es asegurarse del cierre hidráulico vertiendo agua en el sifón. Colocado éste, se maciza todo alrededor de fábrica hasta enrasar con la boca dicha, debiendo comprobarse el nivel antes de sentar la taza y tabloncillo encima de este enrase. Se asegura la taza por medio del relleno necesario y se procura que haya la mayor impermeabilidad, lo mismo en esta unión que en la del sifón con el tubo general de desagüe, pues muchas veces atraviesan los olores por estas uniones y es difícil averiguarlo.

En la disposición de los sifones y conductos, deben evitarse en lo posible los ángulos ó codos que puedan entorpecer ó donde puedan acumularse las inmundicias y engendrar emanaciones perjudiciales, haciendo redondos los conductos para que tengan el paso libre.

Los materiales más convenientes para la fabricación de los sifones y sus conductos, es indudablemente el plomo, porque resiste bien y puede soldarse, disminuyendo de este modo las juntas por donde se escapan los gases mefíticos. El barro fino vidriado y la porcelana, son irremplazables para las tazas ó platillos y cuando se busca la economía compatible con la limpieza, se acude al hierro colado con un baño de esmalte, desechando el que no tenga barniz preservativo, porque los orines y sustancias análogas atacan al hierro.

1535. Una modificación de los sifones es el *bombillo (fig. 1670)*, compuesto de una taza *aooa* que entra en la olla *aca*, la cual tiene su desagüe *D* dispuesto de manera que el borde inferior *oo* de la taza, se halle siempre sumergido en el líquido, para que el punto *c* se encuentre más elevado. Aunque á primera vista parece preferible el bombillo al sifón, porque es más fácil de instalar y puede verterse el líquido con fuerza sin que el nivel baje al borde *oo*, resulta más defectuoso porque los gases fétidos del acometimiento ó desagüe *D* llenan el espacio comprendido entre la olla y la taza y pueden escapar por la unión del borde superior *aa* si no está herméticamente cerrada; mientras que en el sifón *(fig. 1669)* el enchufe de la taza *T* está por cima del nivel *cd* y fuera por lo tanto del cierre hidráulico. Además, la limpieza, vertiendo agua á golpe, no es tan eficaz en los bombillos como en los sifones, porque en aquéllos no va directamente al desagüe de la olla, sino al fondo de ésta, en donde formando remolino solo arrastra hacia el desagüe lo que no es muy denso, adhiriéndose los gruesos al fondo donde quedan estancados.

1536. Otra de las modificaciones introducidas es la de ocultar á la vista las materias fecales, estableciendo sobre el sifón una taza de poco fondo *A (fig. 1671)*, que vierte en el sifón dispuesto debajo, la cual puede permanecer constantemente limpia, dejando salir agua por el extremo del tubo que acude al punto *e*. Sobre el borde superior del apa-

rato hay un tablero de madera *nb* que puede levantarse girando por una charnela dispuesta entre *e* y *n*. El olor que despiden las materias detenidas en el sifón, sale en gran parte al exterior del edificio, haciendo un respiradero *R* que vaya á terminar en la cubierta. La parte superior del aparato *aaeb* se hace independiente del sifón *azh*, para que pueda colocarse como convenga cualquiera que sea la situación del tubo de desagüe *D*, sea en el frente del retrete, sea en los costados, para que sea fácil la limpieza de las dos partes, separándolas, sin exponer la casa á las emanaciones del tubo de desagüe, cuyos enchufes *ff* deben cerrarse herméticamente, á fin de que los aires mefíticos no tengan más salida que por el respiradero *R*. Si el tubo de desagüe se coloca en el interior del aposento, se hace de plomo de 8 á 11 $^{c}/_{m}$ de diámetro porque no tiene juntas y no hay riesgo, por lo tanto, de que resulten emanaciones, y para evitar que resbale por su mucho peso desuniéndose del sifón, se sueldan en él unos collares cuya salida se hace descansar en horquillas ó grapas. El tubo *R* para respiradero se hace también de plomo pero de 4 centímetros de diámetro.

Este respiradero puede tener también su boca en los patios *(fig. 1676)*, si se procura que ésta tenga una válvula *b* que se abra de fuera á dentro y cierre herméticamente cuando sea empujada de dentro á fuera por los gases mefíticos que suban de la tubería de aguas sucias *B*, siguiendo la dirección hacia *a* y *b*.

Los orificios de ventilación *b* deben estar de manera que en un país frío no pueda penetrar éste en la lámina de agua *a* y la hiele, en cuyo caso no funcionaría el sifón. No han de estar tampoco muy inmediatos á éste, porque podría producirse una salida de líquido cuando se vierte de golpe sobre la superficie *ac*, puesto que sale por la parte *a* con mucha menor fuerza que la que se arroja en *c* y aumentándose en la salida podría buscar su desagüe por *b*.

Al mismo tiempo que estos inodoros de asiento ó de tablero alto, se usan hoy los de tablero bajo, de que damos una vista en la *fig. 1672*. Tienen doble sifón como en el caso anterior, el cual se dispone debajo del piso y la tapadera *ebe* es de hierro colado. Bajada ésta, al ponerse encima una persona, el peso de ésta hace que desciendan los pitones *t, t*, donde apoya dicha tapa y se abra la comunicación del agua que entra por el tubo *at* y sale en menuda lluvia horizontal por el punto *c*. Estos aparatos, muy propios de casinos, fondas, etc., tienen un tubo *sn* por donde escurre al sifón el agua ú orines que pueda caer fuera del aparato, á cuyo efecto el piso del retrete se dispone con las vertientes indicadas en la *fig. 1667*.

Estos aparatos se encierran por lo general, en un cajón de madera más ó menos fina, guarnecida de herrajes niquelados ó dorados.

1537. La boca de las tazas, así como el agujero del tabloncillo que la cubre y sirve de asiento, se han hecho y hacen todavía circulares por rutina, cuando la conformación humana indica que deben ser elípticos ó prolongados, de una figura análoga á la indicada en la *fig. 1673*, que es como se presentan hoy los aparatos perfeccionados é indica la *fig. 1672*. La boca inferior de la taza debe procurarse que tenga menor diámetro que el sifón, para que los objetos de todo género que indebidamente van al excusado, puedan pasar por el sifón si han atravesado la taza, sirviendo así ésta de regulador.

Para atender á la facilidad de limpiarlos cuando se atascan, se establece en los sifones un registro en el punto alto *a (fig. 1674)*, el cual debe cerrar herméticamente y cubrirse con mortero para recibir el tabloncillo. Si el inodoro es de tablero bajo, el registro estará en el piso, donde podrá disimularse con una baldosa del solado.

El tabloncillo debe tener un pequeño reborde por la parte delantera y otros más elevados en la posterior y laterales, con objeto de que las aguas no puedan menos de escurrir en la taza en vez de hacerlo hacia fuera, porque en este caso manchan el frente del asiento y hasta se forman charcos en el piso del retrete. Estos rebordes son fáciles de hacer cuando se emplean losas de mármol ó tabloncillos de fundición y aun de madera, dando á ésta el grueso suficiente. Cuando se emplean baldosas ó azulejos, pueden disponerse con un ligero declive hacia el agujero.

1538. La ventilación, así como la abundancia de agua para su limpieza, son las principales condiciones que deben llenar estos aparatos para que den buen resultado, y se construyen hoy introduciendo en ellos un servicio de agua procedente de un punto elevado. Si ésta entra tangencialmente á la taza, baja en espiral por toda ella limpiándola, pero no hace lo mismo con el fondo del sifón, el cual necesita recibir el agua á golpe para quedar limpio. Se consigue esto por medio de unos depó-

sitos *B (fig. 1671)* que se colocan á la altura del techo del retrete ó más, los cuales pueden arrojar de pronto una gran cantidad de agua por el tubo *dde*. Ésta, después de vaciado el depósito, vuelve á llenarlo inmediatamente de un modo automático, por medio de válvulas que se abren al cerrarse la que le ha dado salida.

1539. MEADEROS.—Estos lugares que acompañan á los retretes en los establecimientos públicos, han sido hasta ahora unas simples canales, mejor ó peor construidas, de materiales hidráulicos para hacerlas impermeables y revestidas del mismo modo sus paredes. Exigen, más que los retretes, una corriente constante de agua si han de perder su penetrante olor y se han de conservar limpios, además de que como la orina es muy corrosiva necesita diluirse en agua para disminuirle esta propiedad. Además, debe renovarse con frecuencia el enlucido de las paredes antes de que el salitre penetre en los materiales de que se construyen, cuya sal es muy difícil desterrar cuando se ha apoderado de una parte, aunque sea pequeña, de una fábrica.

Estos aparatos se fabrican hoy de hierro colado ó de porcelana para una sola persona, dándoles una forma adecuada como representa en sección vertical la *fig. 1675*. El agua penetra por la parte superior *a* donde acude un tubo de plomo y escurre por dentro de su borde *ab*, que al efecto tiene la forma acanalada, limpiando á la vez toda la superficie hasta reunirse con los orines en el punto bajo *c*, el cual termina en sifón para descargar por un tubo de plomo en la cañería general de desagüe.

Los meaderos de más de una plaza se separan por medio de placas verticales y normales á la pared que intercepten la vista de unos á otros; se disponen á distancia de 40 á 60 centímetros con 35 á 40 de salida, empleando, tanto para el testero como para las placas, la pizarra, el hierro colado ó el mármol. Las placas no deben llegar al suelo para que se pueda limpiar bien, á cuyo fin se dispone aquel con vertientes hacia un punto donde tenga salida el agua.

Los urinarios que se sitúan en la vía pública necesitan además una pantalla delante para la decencia, entrando en ellos por sus costados. Son las pantallas de palastro calado por lo alto y llenas por abajo y no llegan al piso para que el aire circule libremente y pueda verse si están ocupados, evitando además que sean un escondrijo peligroso. Se disponen estos meaderos en forma de ángulo; y si son de tres plazas, una de ellas está en el ángulo de las otras, pero en contrario sentido, exigiendo entonces dos pantallas, una á cada lado. Los urinarios radiales ó sea alrededor de un punto que es una columna, la cual sirve al mismo tiempo para el alumbrado, ocupan muy poco espacio: pueden instalarse seis lugares en un círculo de 0^m75 de radio y en este caso la pantalla es circular y tiene cuatro entradas. Se cubren por lo general con cinc, pudiendo subir las pantallas en celosía para recibir la cubierta.

1540. FREGADEROS.—La construcción de los fregaderos de cocina exige impermeabilidad y limpieza, que se consiguen empleando mezclas hidráulicas para coger los materiales de que se formen, y azulejos en el revestimiento y defensa de las paredes. Hoy es ya muy común, por su baratura, el empleo de los fregaderos de una pieza hechos de piedra artificial, de manera que solo precisa cuidar de que los enchufes en la tubería de desagüe resulten completamente impermeables. Generalmente, donde hay agua, se coloca un grifo sobre el fregadero.

Estos se hacen verter algunas veces en los sifones de los retretes, cuando están próximos, para contribuir á la limpieza de éstos: en este caso *(figura 1669)*, deben acometer á ellos por el frente *A* del vertedero *c* para que empujen el líquido hacia su desagüe.

Mejor es, sin embargo, que los fregaderos viertan directamente en la tubería de desagüe, empleando sifones como el representado en la *figura 1674*, cuyo diámetro es de unos 5 centímetros y tiene dos aberturas con sus correspondientes tapones para facilitar su limpieza y registro, precaución que es muy necesaria porque fácilmente se interceptan estos sifones por el uso á que están destinados y de aquí que se hayan ideado tapones que cierren herméticamente y que sea fácil quitarlos y volverlos á poner.

1541. Los tubos de desagüe de fregaderos no pueden ser de barro poroso sino de porcelana ó de vidrio, porque las aguas grasientas de la cocina se coagulan en las tuberías y forman masas que se oponen al paso de las aguas, entran en putrefacción y despiden olores que encuentran fácilmente paso si dicha tubería presenta algún entorpecimiento. Para evitar esto y recoger estas grasas á la salida de los fregaderos, se ha ideado un sifón es-

pecial *(fig. 1677)* que se puede llenar de agua fría hasta el nivel de salida *aa*. Las sucias que llegan por *A* y han de desaguar por *B*, al caer en el agua fría *aa* y pasar á la cañería central *C* se solidifican, y siendo entonces más ligeras que el agua suben á la superficie en esta parte y pueden extraerse fácilmente levantando la tapa *cd*. Este aparato lleva además una abertura en *c* por donde puede establecerse la ventilación y un registro *R* para la limpieza del tubo de salida.

1542. PILAS PARA EL LAVADO Y EL BAÑO.—De establecer pilas para el lavado de la ropa ó para el baño de las personas, deben tomarse medidas que eviten la humedad en las fábricas inmediatas.

Si se construyen en los pisos bajos de los edificios, directamente sobre el terreno, se procura la impermeabilidad para que no haya filtraciones por las que se vaya el agua sucia, dándole además fácil salida y de manera que en el trayecto que recorran dentro del edificio tengan el conducto impermeable, con objeto de que las sales que puedan llevar las aguas en disolución no ataquen á las fábricas haciéndolas salitrosas ó húmedas.

Si el lavadero ó baño se establece en los pisos superiores y aun en el bajo, cuando éste se halla sobre sótano, se procura que sean imposibles las filtraciones apelando á las pilas de piedra, de cinc ó de hierro y algunas veces á la fábrica de ladrillo; pero en todos casos, y especialmente en el último, deben descansar las pilas sobre apoyos aislados para que sea fácil observar si hay filtraciones, pues de macizarse sobre los suelos no pueden notarse aquéllas si no cuando ya han producido efectos desastrosos presentando manchas en el techo inferior, pudriendo las maderas ú oxidando los hierros de los entramados.

1543. El agua para los baños se calienta por medio de una especie de estufa llamada *termosifón* que, como en los caloríferos de agua caliente, consiste en una caldera, aunque pequeña, de la que parten dos tubos, uno superior que conduce el agua caliente á la tina, bañera ó baño, es decir, á la llave ó grifo, y el otro inferior que recibe la que no se aprovecha. El agua fría para el baño tiene otro tubo independiente que la conduce del depósito. La bañera tiene además el tubo de desagüe con su correspondiente llave.

El depósito de agua caliente para alimentar los baños pudiera en ciertos casos disponerse en la cocina dotándolo de los tubos de comunicación con aquéllos para establecer la corriente debida á la diferencia de densidad.

El caldeo del agua se consigue también por medio del gas del alumbrado.

1544. TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN DE AGUAS SUCIAS.—El conjunto de las cañerías que sirven para desaguar en el acometimiento del alcantarillado de una población ó en el pozo negro ó sumidero, se llama también *canalización*. En la disposición de todas ellas deben evitarse los recodos bruscos, procurando que el desagüe de un retrete forme con el tubo vertical, al que se une, un ángulo de 45° lo más, y que en las curvas haya un registro para limpiar la tubería en caso de obstruirse. En su colocación se huirá de las paredes principales, porque el daño que hacen los excrementos ocasiona reparos indispensables que no se pueden hacer sin perjuicio de dichas paredes; y en caso de tenerse que arrimar á ellas debe construirse un contramuro. Ha de colocarse, sin embargo, la cañería en sitio donde sea fácil su examen y reparación, y ninguno mejor que los patios, á cuyas paredes pueden adosarse pero no empotrarse. Se aprovechan generalmente los rincones, pero aislándolos de las paredes aunque se oculten por medio de tabiques de panderete. También se empotran en cajas dejadas en las paredes al construirlas, pero siempre de modo que sean de fácil registro y compostura en caso de huida y en sitio que no molesten á los habitantes cuando llegue este caso. Se sujetan además á la pared de trecho en trecho por medio de clavos de horquilla que los abarquen.

Los tubos se construyen de plomo, de cinc, de hierro colado, de cemento ó de barro cocido, como los indicados para las bajadas de aguas de los tejados, siendo preciso en este caso, más que en ningún otro, que sean barnizados y muy lisos, evitándose en cuanto se pueda una dirección tortuosa, y adoptando, cuando precisa establecer un ángulo, los codillos *(fig. 42)*. Debe atenderse en la colocación de unos tubos sobre otros á la dirección que han de llevar los excrementos, que es de arriba abajo, con el objeto de que no haya huidas por sus enchufes, los cuales deben hacerse con sumo esmero. Los acometimientos de cada común al tubo general se establecen con otros á propósito como los llamados ingertos *(figs. 43 y 44)*, debiendo continuarse el principal hasta la cubierta, como ya se ha indicado (1513), de cuya cubierta debe so-

bresalir uno ó dos metros para que despida lejos los gases; separando la salida de las chimeneas y demás aberturas para evitar que por ellas se introduzcan los malos olores. Á este tubo conviene que afluyan algunas aguas llovedizas y todas las posibles cuando van á desaguar en un alcantarillado, pues la acción de estas aguas en las paredes interiores de la tubería contribuye á su limpieza sin exigir ningún costo.

1545. ALBAÑALES DE ACOMETIMIENTO.—Las tuberías de que se acaba de hablar, no siempre caen verticalmente ó poco menos sobre los depósitos ó alcantarillado. Lo general y conveniente es que estos estén situados fuera del edificio, y hay que establecer, por lo tanto, una conducción subterránea que se llama *acometimiento*, el cual es una atarjea ó albañal dispuesta en pendiente desde la extremidad inferior de dicha tubería hasta el depósito ó alcantarilla. Este albañal recibe, no solo las aguas sucias de los excusados y fregaderos sino también las pluviales de patios y cubiertas cuando desaguan en un alcantarillado, pero no si van á un depósito, porque pronto lo llenarían y producirían un coste innecesario para su extracción.

La pendiente de estos albañales debe ser por lo menos de 3 centímetros por metro, y cuando no sea posible darla se dispondrán arcas de registro de trecho en trecho que faciliten su limpieza. En caso de ser de pequeña sección se ensancha ésta proporcionalmente en dirección de su salida ó desagüe para evitar que se obstruyan con objetos que puedan haber pasado por los conductos anteriores.

Los acometimientos se entierran, cuando menos, medio metro por bajo del piso cuando por éste transitan carros, pues de otra manera sufrirían detrimento, á no ser que hayan de estar cubiertos por losas de suficiente resistencia para no romperse.

1546. Si los albañales afectan la forma rectangular se hacen con ladrillo ó materiales regularizados y se construyen con más ó menos esmero, según la impermeabilidad que se desea. Así, se forma su solera con una hilada ó dos de ladrillo y mortero común ó hidráulico ó con tejas como las canales de un tejado. Sus muretes se hacen de tabicado sencillo ó doble ó de media asta con la misma mezcla, redondeándose los ángulos diedros con mortero para facilitar la evacuación pronta de las aguas. Se cubren generalmente con ladrillos colocados de plano ó en forma de cubierta á dos aguas. Algunas veces se hacen cañerías con arcaduces barnizados que se deben enchufar bien y recubrirlos además con una capa de mortero de arena y cal común ó hidráulica.

Se fabrican cañerías en varios trozos como los dibujados en la *fig. 1678*, uniéndose unos con otros por llaves *A* del mismo material que impiden la separación de las piezas, y se introducen con cemento para que éste ligue ó trabe los materiales. Estos trozos de cañería pueden tener de $0^{m}50$ á $1^{m}80$ de diámetro y son convenientes con especialidad en localidades donde la fábrica tiene un precio elevado, cuando hay que atravesar terrenos poco sólidos ó pantanosos ó cuando se encuentran aguas cargadas de materias corrosivas que ataquen las fábricas y obliguen á reparaciones frecuentes.

1547. Con las mezclas que sirven para fabricar piedras artificiales, pueden hacerse tubos empleándose el hormigón, el mortero solo ó fragmentos de teja unidos con mortero. Si han de estar expuestos á una fuerte presión, se emplea un mortero compuesto de una parte de cemento y otra de arena angulosa y bien lavada con la que se le da tanta resistencia como si fueran de mármol: cuando la presión es pequeña, bastará la mezcla de una parte de cemento, otra de teja y dos de arena.

Los tubos, á igualdad de superficie y de proporciones en las mezclas, resisten más cuanto más comprimidos han sido y mucho más que los hechos sin comprimir. Los trozos de teja han de tenerse en agua antes de emplearse para que no absorban la humedad que necesita el mortero para su fraguado. La fabricación de los tubos se obtiene de varios modos. Puede hacerse sobre el mismo emplazamiento de la cañería ó en el taller por trozos con diferentes moldes ó finalmente valiéndose de la fuerza centrífuga en aparato ideado para ello.

Apisonado y enrasado el suelo de la excavación ó foso con la pendiente que ha de tener, se puede colocar el molde *(fig. 1679)* consistente en dos tablones laterales verticales *A*, *A* que pueden suprimirse si el terreno es consistente, dos tablerillos *B*, *B* con un agujero circular del diámetro que ha de tener interiormente la cañería y un alma cilíndrica *C* que pasa por dichos agujeros. Se echa luego el hormigón comprimiéndolo para que rodee bien el alma; y pasados algunos minutos se hace girar á ésta con suavidad corriéndola más adelante y haciendo lo mismo con los tablones laterales, para lo que han de estar untados, así como el alma, con una mezcla de aceite y jabón. Si hubiera que

dejar alguna abertura para el acometimiento de un ramal, se fija ligeramente sobre el alma un tarugo *T*, que una vez relleno el molde pueda quitarse.

En los encorvamientos hay que hacer uso de pequeños trozos de cilindro para el alma, formando la cañería poligonal. Para tubos de pequeño diámetro, puede emplearse una cuerda embreada y para los de grandes dimensiones, una manga de caucho ó de cuero, que una vez extendida la capa inferior de hormigón en el fondo de la caja, se llena de agua, atando bien sus extremos y se le acomoda á la curvatura que se desee, sirviendo así como el alma de madera, aun cuando hay que sostener el tubo sobrante con tarugos. Una vez endurecido el mortero, se vacía el agua y se corre la manga para continuar.

1548. La fabricación de la cañería ó tubo en el taller, que no es conveniente sino cuando no es posible en la obra, se efectúa de una manera análoga con moldes á propósito, compuestos de varias piezas que den la forma exigida. Con objeto de obtener mayor compacidad en la masa del tubo, se acostumbra hacer un cilindro macizo de mezcla apisonada, horadándose después como si fuera de piedra natural, teniendo cuidado de verificar esta operación antes que el mortero se halle completamente endurecido.

Los tubos se unen entre sí al tope por medio de cemento, pudiendo rodearse la junta con un anillo formado de tejas planas y cemento y que puede prepararse en dos mitades. Para obtener mejor resultado, convendría hacer en los tubos un rebajo alrededor de la junta. Al hacer estas uniones debe tenerse cuidado que no se corra el cemento al interior.

La unión de los tubos por medio de enchufes, ofrece una gran seguridad.

Para ejecutar tubos de mortero de cualquier diámetro sirviéndose de la fuerza centrífuga, se introduce el mortero en el cilindro que sirve de molde para formar el tubo en su interior y se imprime un movimiento rápido de rotación á dicho cilindro, con lo que la masa afluye á las paredes de éste y forma el tubo.

1549. DEPÓSITOS DE AGUAS SUCIAS. —Cuando en la población no hay alcantarillado con agua abundante para su limpieza, el mejor sistema que puede adoptarse para recoger las materias fecales es el de cubas ó fosas móviles que se puedan sacar diariamente fuera de poblado, separando la parte sólida de la líquida. Si el terreno es muy poroso y por lo tanto permeable, pueden filtrarse en él las sustancias excrementicias sirviendo de medio activo para su rápida oxidación, dejando así de ser peligrosas. Habiendo de hacerse depósitos fijos de fábrica, debe procurarse por todos los medios posibles la completa impermeabilidad para que no inficionen la atmósfera.

En todos casos, la capacidad del vaso receptor se arregla tomando como base que por cada persona que habite en el edificio se necesitan 1,800 metros cúbicos por lo menos al año.

1550. En la apertura de fosas filtrantes ó *sumideros* hay que separarse de los pozos, cisternas, fuentes, etc., según sea el grado de permeabilidad del terreno, con objeto de que no puedan llegar á ellos las filtraciones de aquéllos.

Los sumideros son en ciertos casos unos pozos que se practican hasta una capa permeable capaz de absorber la parte líquida de los excrementos. Otras veces es una excavación cubierta con una bóveda que apoya en pilares de fábrica, dejando sin revestir las paredes de la excavación ó defendiéndolas con muros en seco para que puedan filtrarse los líquidos entre el terreno y queden solo los gruesos en el sumidero.

1551. Los depósitos fijos se emplazan, si es posible, debajo de los retretes ó comunes, pero en sitio donde puedan limpiarse sin molestia para los moradores de la casa, como los corrales ó patios, ó procurando cuando menos que tengan su entrada por éstos. Su profundidad ha de ser mayor que la de los sótanos para que no haya en estos filtraciones ni huida de gases ó miasmas.

La planta de estos vasos es generalmente cuadrada, pues aunque el círculo tiene á igualdad de superficie el mínimo de perímetro, esta diferencia de paredes no compensa el exceso de mano de obra que lleva la construccion curva; se redondean ó se achaflanan, sin embargo, los ángulos para facilitar su limpieza. El piso tiene una forma cóncava ó con pendientes á cierto sitio, donde se dispone una cavidad para que acudan á él todas las materias excrementicias cuando se verifica la extracción.

El depósito se cubre con una bóveda á la que acuden los cañones de letrina ó tubos de desagüe de comunes ó fregaderos y en ella se deja además una abertura ó boca de registro llamada *buzón*, que caiga sobre la cavidad dicha. Conviene establecer una ventilación por medio de un tubo de

unos 20 centímetros, que arrancando del intradós de la bóveda sobresalga unos 2 metros por cima del edificio, alejándose de las buhardillas y chimeneas.

Para la construcción de estos depósitos no deben aprovecharse de ningún modo los cimientos del edificio porque la humedad subiría por ellos hasta las paredes corroyéndolas de salitre, sino que se deben aislar interponiendo un contramuro de arcilla alrededor de las paredes del depósito para interceptar con su impermeabilidad las filtraciones que pudieran ocurrir.

Las paredes se construyen con esmero, haciendo que la mezcla rebose entre los materiales al sentarlos, de modo que no puedan resumirse los líquidos por sus juntas; se reviste el paramento con un grueso revoco, de modo que la fábrica resulte impermeable, empleando cemento con preferencia á la cal hidráulica porque en él la permeabilidad acaba por desaparecer con el tiempo por rellenarse los huecos espontáneamente, mientras que con la cal aumentan estos huecos. Tampoco deben emplearse piedras yesosas por la acción destructora que sobre ellas ejercen las cales, ni piedra arenisca por su porosidad. El revoque se hace de abajo arriba, solapando cada tendido sobre el anterior y nunca de arriba abajo.

El piso se reviste de un enladrillado ó enlosado, si el terreno es impermeable, tomando las juntas con esmero para que no se detengan en ellas las inmundicias. Cuando el terreno es permeable ó se temen filtracciones, se extiende una capa de hormigón hidráulico y sobre ella un enlucido de cemento á una mano ó de una vez, con un grueso de unos 5 $^c/_m$, teniendo cuidado al acabarse la masa fabricada en el día, de dejar el contorno cortado en bisel para que la mezcla posterior solape en él, cuyo cuidado facilita más la adherencia que la igualdad en la superficie.

La bóveda del receptáculo puede ser hecha con mezcla común de arena y cal, si ésta es buena, pero enluciéndola interiormente con mortero hidráulico y cubriéndola por el trasdós con una capa de hormigón. La abertura ó registro se hace de sillería en su boca, con un rebajo alrededor en el que ajuste una losa ó placa de hierro colado, llamada también buzón, á la que se debe poner una argolla para que sea fácil levantarla. Con objeto de que el ajuste resulte del todo impenetrable á los gases mefíticos, se abre alrededor del brocal que sirve de lecho á la losabuzón, una ranura de 3 $^c/_m$ de profundidad que se rellena de tierra fina, de modo que sobresalga algo, sentando luego la losa, la cual con su peso comprime la tierra y queda la junta impenetrable.

1552. La limpieza de estos depósitos es una operación molesta cuando se hace por los medios ordinarios, por lo que se emplean cubas en las que se ha hecho el vacío y que al ponerse en comunicación por medio de tubos á propósito con el depósito, absorben el caldo por la presión que en él ejerce la atmósfera. La parte sólida que queda se tiene que extraer por medio de cubos, cuya operación es breve por ser muy pocos los restos sólidos. El vacío de las cubas se efectúa extrayendo el aire por medio de bombas movidas por una máquina de vapor ó llenando las cubas de agua y dándole salida después rápidamente con un desnivel de 11^m.

1553. La marcha que sigue la descomposición de los excrementos y que se explicó al principio de este artículo, ha sugerido á Mouras el llamado *pozo negro, inodoro de limpieza automática.* Consiste en una cámara *A (fig. 1680)*, completamente cerrada é impermeable, llena de agua hasta 1^m lo menos de altura, en la cual se sumerge 18 $^c/_m$ el tubo *B* de caida de las materias fecales ó sea de bajada de los comunes, de los fregaderos y de lluvia y también el tubo de salida *C;* éste después de salvar la superficie superior del agua, se encorva en sifón para incomunicar enteramente el depósito, sin perjuicio de desaguar en una cañería que va á parar á la alcantarilla ó á un depósito cualquiera y allí se conserva lo que sale por este último tubo, para emplearlo si se quiere en el riego de los campos. La cámara se limpia por sí sola automática é incesantemente, pues cada volumen de materias que entra, hace salir otro volumen igual de excrementos disueltos y en estado líquido, que, como ya se ha dicho (1523), no ofrecen peligro alguno para la salud y pueden circular hasta por cauces descubiertos. Sin embargo, pueden conducirse á otro receptáculo inferior más lejos de la habitación que el anterior, de donde se extraigan de tiempo en tiempo los productos.

Como la condición más esencial para que en estos pozos se descompongan las materias fecales, es la de ser completamente impenetrables al aire, ha de mirarse con mucho esmero su construcción, así como la de las tuberías que comunican con los excusados y la colocación de los sifones en éstos, para que por ningún punto pueda penetrar el aire.

Por los excusados se arrojan ciertos objetos que á pesar del recodo de los sifones van á parar al depósito, y allí no se disuelven, constituyendo un sedimento que hay que extraer por el buzón que, como los demás depósitos, deben tener los pozos Mouras. Para que estos objetos sea más fácil extraerlos se ha ideado disponer un plano inclinado *ad (fig. 1681)* inmediatamente debajo de los tubos de comunes *D*, por el cual resbalen dichos objetos deteniéndose en *d*, de donde es fácil extraerlos por el buzón *B*. Esta disposición no impide que las demás materias que lleva en suspensión el líquido ocupen toda la cámara buscando su nivel.

1554. CUNETAS PARA CONDUCCIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES.—La conducción de las aguas pluviales á fuera de un edificio ó al alcantarillado de la población, puede hacerse por cañerías como las explicadas ó por conductos al descubierto, puesto que no hay que prevenirse contra los malos olores que las aguas sucias despiden. La construcción de estas cunetas ó sean medias cañerías se comprende fácilmente, pues que si se hacen de ladrillo, de teja ó de canales de barro no habrá más que suprimir la tapa, y si de hormigón, se empleará un madero escuadrado ó un semicilindro por alma como se indicó en la *fig. 1469*, con la diferencia de formarse la caja en la tierra ó entre tablas, cuyo sistema se emplea mucho en Berlín en los desagües, usándose para el hormigón un compuesto de una parte de cemento, dos de arena angulosa y otra de fragmentos de granito, caliza, sílice ó ladrillo del tamaño de una avellana. Después de hecha la cuneta se debe hacer un enlucido de mortero de cemento y arena en partes iguales.

La preparación de las cunetas en moldes se verifica en los talleres por trozos de $1^{m}50$ próximamente. El molde para ello consiste en un semicilindro *A (fig. 1682)*, dos tablas laterales *B, B*, y las tablillas *C, C* que limitan la canal, sentándose el molde sobre una superficie plana *ab*. El mortero que se emplea es una mezcla de una parte de cemento y dos de arena angulosa y lavada y también suele mezclarse una parte de cemento con otra de arena y tres de piedra partida al tamaño de una avellana. Antes de extender esta mezcla no debe olvidarse untar con jabón y aceite las paredes interiores del molde.

Cuando estas cañerías son cerradas y no pueden por lo tanto ser registradas para su limpieza, se preparan en su entrada de modo que no pueda ir á ellas ningún objeto que las obstruya. Para ello, en el arbollón ó punto de partida á donde afluyen las aguas de los patios ó tubos bajantes de las cubiertas, se construyen unas arcas ó pocitos de 30 á 40 centímetros de lado, cuyo fondo esté más bajo que las cañerías, con objeto de que se detengan en él las arenas, piedras y objetos pesados que arrastran las aguas desde la cubierta del edificio y que se detendrían en la cañería por falta de fuerza en las aguas para arrastrarlos. Estas arquitas se cubren con una reja que enrasa con el piso del patio y muchas veces con un inodoro de hierro fundido que el comercio tiene para este fin.

1555. CLOACA Ó ALCANTARILLADO.—Aunque la red de alcantarillas de una población no entra en el plán de este TRATADO, debemos, sin embargo, hacer algunas indicaciones sobre su construcción, porque en ciertos casos hay que desaguar los edificios por conductos mayores que los albañales y cañerías de que se ha hablado. Se hacen entonces las *alcantarillas* de dimensiones bastantes para que pueda registrarlas un hombre. Su forma suele ser la de la *fig. 1683* y desaguan en puntos lejanos que generalmente son corrientes de agua.

En el caso de que las aguas sucias hayan de correr por estas alcantarillas, es muy conveniente que discurra por ellas un caudal permanente de aguas claras que impida en tiempo seco el estancamiento de los gruesos.

Hasta hace poco tiempo, las alcantarillas se construian exclusivamente de mampostería ó de ladrillo. Hoy se ejecutan también de mortero ú hormigón de cemento como las cañerías.

La construcción en todo caso debe procurarse que sea impermeable para que no haya filtraciones que ataquen los cimientos próximos, y sus paramentos interiores se han de enlucir con mortero de cemento, alisándose bien para que puedan correr sin obstáculo las sustancias gruesas.

Cuando la alcantarilla es de hormigón ó de mortero como las cañerías hidráulicas (1547), su construcción es análoga á la de estas últimas, solo que si se fabrican en el taller hay que hacerlo en varios trozos y si se hacen sobre el mismo terreno hay que formar el alma de varias partes, pues sería muy difícil dar el movimiento de rotación ó de traslación. Este último se puede conseguir haciendo descansar las almas sobre listones por medio de cuñas que puedan quitarse y permitan correr aquéllas.

Los morteros que se hagan para estas obras deben ser hidráulicos, si es posible, y en un grado tanto mayor cuanto más humedad hayan de tener. La piedra redondeada no es conveniente y más si se fabrican en el taller.

Conviene al ejecutarlos, si se hacen con mezclas hidráulicas, regar con frecuencia el trabajo para conservarlo con cierta humedad, y se apresurará su endurecimiento si terminadas se llenan inmediatamente de agua y se la deja reposar durante tres ó cuatro semanas.

Al hacer los revocos es muy importante que carezcan de grietas ó hendiduras por donde pudiera escaparse el líquido. Por esto al extenderse el revestido debe apretarse muchas veces con el dorso de la paleta hasta que esté completamente seco.

1556. BASUREROS. — Como el barrido de los edificios no coincide con el paso de los carros de limpieza que recogen la basura, es preciso depositar ésta durante algún tiempo, y esto debe hacerse en un sitio que, aunque retirado, pueda ser accesible sin molestia para los vecinos.

Aunque los depósitos son generalmente cajones de deshecho que se colocan en un rincón, es en muchas ocasiones necesaria la instalación de basureros, los cuales se construyen en los corrales con muretes de mampostería ó ladrillo, que en unión de las paredes del edificio forman el depósito donde se amontona la basura.

Estas paredes deben enlucirse cuidadosamente con mortero hidráulico para que la humedad que siempre tiene la basura, y más si está á la intemperie, no dañe al edificio produciendo salitre. Por esto será preferible construir el basurero aislado de las paredes.

De los diferentes pisos del edificio puede arrojarse la basura estableciendo unas tuberías ó canales de suficiente sección para que no se obstruyan, y que partiendo de un punto retirado de la habitación vayan en línea recta al basurero. La parte superior ó boca de estos conductos deberá tener la forma de embudo y ensanchar gradualmente hacia abajo para dificultar la obstrucción. La boca de entrada tendrá una portezuela para ocultarla y evitar al mismo tiempo las corrientes de aire que pudieran producirse con esta comunicación del interior con el exterior del edificio.

ARTÍCULO II

Carpintería de taller de obras movibles

1557. PUERTAS Y VENTANAS EN GENERAL. — Las puertas que sirven para cerrar ó abrir la entrada y salida, y las ventanas, cuyo objeto es dar luz ó ventilación á un edificio, tienen una construcción igual. Las puertas *interiores* incomunican habitaciones contiguas y las *exteriores* que dan entrada al edificio se denominan *principales* ó *traseras*, según estén en la fachada principal ó en la opuesta, *cocheras* ó de *carro* si por sus dimensiones permiten cuando se abren el paso de vehículos, y *excusadas*, *falsas* ó *accesorias* si dan salida á un paraje excusado. También hay puertas *secretas* que estando muy ocultas solo las ve ó abre el que las conoce.

Tanto la forma como la estructura de estos cerramientos son muy varias, según el objeto é importancia que tienen y el material de que se construyen. Se hacen de una pieza ú *hoja* cuando la anchura del vano que cierran tiene menos de un metro, y de dos hojas ó más cuando pasan de esa medida ó se quieren recoger en el grueso de la pared sin que sobresalgan del paramento estando abiertas, adoptándose muchas veces la disposición quebrada, es decir, que cada hoja se forma de otras dos ó más para que puedan plegarse como un papel, por cuya circunstancia se denominan *de libro*. En sentido de la altura se hacen también las puertas de dos partes, denominándose *compuerta* la inferior que entonces forma como un antepecho.

Las puertas y ventanas se abren y cierran girando unas veces, que es lo general, alrededor de uno de sus lados verticales que toma el nombre de *quicial*, y otras corriéndose á derecha ó izquierda ó hacia arriba para ocultarse ó ceñirse á la pared.

Según su composición, pueden dividirse las puertas y ventanas en tres clases: *de barrotes*, *de marco forrado* y *de cuadro*.

1558. PUERTAS DE BARROTES.—Se componen de un tablero formado de tablas ó tablones sujetos en barrotes ó travesaños.

La más sencilla *(fig. 1745)* tiene las tablas verticales clavadas á los barrotes B, B', B, B' y yuxtapuestas al tope ó ensambladas á ranura y lengüeta de cualquier manera de las dibujadas en la *figura 200*. En el caso de la unión al tope según se indica

en *A*, hay necesidad de tapar las juntas con listones como el *C* de la *fig. 440*, para que no pase el aire é impidan el registro del interior. Los goznes que permiten el giro de la puerta se fijan en los barrotes, los cuales se colocan á distancias de 50 á 80 centímetros unos de otros. Los clavos que sujetan las tablas á los travesaños deben entrar en éstos otro tanto cuando menos como sea el grueso de aquéllas, siendo conveniente que pasen fuera del barrote para rebitar la punta contra ellos embutiéndola en la madera.

Se mejora esta puerta haciendo que los extremos de las tablas entren en ranuras practicadas en el canto de dos travesaños que las limitan por arriba y por abajo y se llaman *cabeceros.*

Tratándose de puertas fuertes en que se emplean tablones, pueden practicarse en ellos cajas á cola de milano *(fig. 1746)*, para que en ellos penetren á golpe de mazo los travesaños *aacc* que tienen aquel corte *cc* en su sección transversal. En este caso se asegura la unión con barras *bb* colocadas en el haz opuesto de la puerta, las cuales se fijan á los travesaños por medio de pernos *pn.*

Si la puerta tiene más de 2^m50 de altura, es indispensable la colocación de traveseros inclinados *T (fig. 1747)*, cuya dirección es hacia el cerco *cc* de la puerta. Se refuerza también con cruces de San Andrés.

Las tablas y tablones, al contraerse con la sequía, abren sus juntas de unión produciendo mal efecto á la vista, y para disimularlo se matan las aristas de sus cantos redondeándolos ó moldurándolas como indica la *fig. 1748.* Cuando las puertas son de dos hojas, se dispone su unión labrando sus cantos á media madera *(fig. 1749)* ó cortándolos oblicuamente *(fig. 1750)*, en cuyo caso se clavan sobre una de ellas al exterior y sobre la otra al interior un listón de poca salida y moldurado generalmente ó redondeado, que hace de cubrejunta y toma el nombre de *bocelón* y *contrabocelón.*

Por disposición de Emy se hicieron puertas sin barrotes, empleándose tablones para formarlas en vez de tablas y sujetándolos por su grueso por tres pernos distribuidos en la altura de la puerta en la misma situación que los travesaños. Los tablones se ensamblan por sus cantos á ranura y lengüeta. Este sistema tiene la ventaja de que se pueden apretar los tablones unos contra otros cuando la desecación de la madera. En Filipinas son muy usadas en obras provisionales unas puertas formadas de dos hileras de tablas de 2 á 3 centímetros de grueso que se cruzan en ángulo recto y se sujetan las unas á las otras por medio de pernos ó clavos.

1559. PUERTAS DE MARCO FORRADO. —Están compuestas de un bastidor ó marco de la figura de la puerta *(fig. 1751)*, en el que se clavan tablas como en el caso anterior, diferenciándose en que los travesaños se ensamblan á caja y espiga por sus extremos en dos largueros *L, L'*. Los travesaños *C, C', C, C'* que limitan el marco por arriba y por abajo toman los nombres de *cabío alto* y *bajo* y los intermedios *B, B'* el de *peinazos*. El larguero alrededor del cual abre y cierra la puerta se llama larguero *de fijas ó de quicio* y *de mano ó de batiente* el opuesto, denominándose *de cierre* cuando la puerta es de dos hojas.

El ensamble de los cabíos en los largueros se detalla en la *fig. 1752*, y análogo es el de los peinazos. Las tablas se clavan en esta armazón labrándose sus juntas por lo general á media madera para que solapen unas á otras, además de lo cual se ponen listones de cubrejunta *C (fig. 440)* para que no pase la luz cuando se secan, precaución que es precisa en el caso de unirse á junta plana. Este enrase ó forro es *ordinario*, llamándose *á la húngara ó á corte de pluma* cuando las filas de tablas están inclinadas, debiendo entonces dirigirse hacia el larguero de fijas para que esta disposición contribuya á dar más solidez á la puerta. En vez de clavar sencillamente las tablas sobre el marco se acostumbra, para mejorar el aspecto de la puerta, hacer unos rebajos *r, r (fig. 1751)* en las aristas interiores de los largueros y de los cabíos encajando en ellos las tablas, las cuales enrasan entonces con la cara de dichas piezas ó marco: los peinazos *B, B''* tienen en este caso menos grueso que los cabíos, siendo su diferencia la del grueso de las tablas que en ellos se fijan. Se hacen también encajar las tablas por sus cantos en ranuras ó gárgoles practicados en el canto de los largueros y de los peinazos, como indica en *c* la *fig. 1753*, en cuyo caso el enrasado se denomina *fino.* El enrasado se hace algunas veces por las dos caras *(fig. 1754)*, encajando en rebajos *r* ó en ranuras *g.* Las tablas conviene que sean estrechas para que estén menos expuestas á torcerse ó alabearse en las alteraciones atmosféricas.

Las puertas que tienen marco se refuerzan muchas veces con peinazos inclinados, como los

indicados de puntos en la *fig. 1751,* cuya dirección, como que han de ser comprimidos, debe ser hacia los largueros de fijas. Otras veces se forran con dos hojas de tablas unas clavadas sobre las otras, pero cruzadas, en cuyo caso se adopta la disposición húngara, que da la mayor resistencia. Se refuerzan también con un tirante de hierro que atraviesa las piezas del marco desde el ángulo *e* al *t* en dirección contraria á la de los peinazos inclinados, pues que ha de sufrir tensión, el cual se templa dándole una cabeza por un extremo y atornillándole una tuerca por el otro.

1560. Se chapean á veces esta clase de puertas con planchas metálicas cuando se las quiere dar más seguridad que la que ofrece la madera. Se emplean para ello hojas de lata, cinc, hierro galvanizado ó palastro ordinario, que se fijan por filas de clavos atravesados en los largueros, cabíos y peinazos de la puerta y hasta haciendo dibujos, con cuyo medio se aumentan los puntos de unión de la plancha con la puerta y se evitan los efectos de la dilatación. Las hojas metálicas solapan unas á otras y se sueldan echando también una gota de soldadura sobre cada cabeza de clavo para hacerlas impermeables.

1561. Las puertas que terminan en arco por la parte superior *(fig. 1755)*, se construyen como las de marco rectangular, agregándoles la parte curva de manera que el empalme de los diferentes camones que han de formar la curvatura sean sólidos, especialmente si las dimensiones del hueco son grandes como en el ejemplo de la figura. En este caso, el entablonado suele guarnecerse de clavos de gruesa cabeza distribuidos al tresbolillo y consolidarse los ensamblajes del marco con barras planas de hierro *ad* ó con otras que se adaptan á los diferentes ángulos que aquéllos forman, como se ve en la *Rs* y está indicado en las *figs. 207* y *208.* Estos refuerzos se ponen muchas veces pareados, es decir, en una y otra cara de la puerta, cuidando si se fijan con clavos ó tornillos que no se correspondan los de un lado con los del otro y por el contrario si se sujetan con pernos. Se embuten generalmente en la madera y algunas veces se acodillan sus extremidades para introducirlas en la madera en forma de grapas.

1562. POSTIGOS.—Cuando las puertas tienen grandes dimensiones como la de la *fig. 1755,* llevan en una de sus hojas un *postigo ó portillo ac* á fin de evitar el pesado manejo de aquéllas así como la entrada del aire, del frío y del calor, de la lluvia y del polvo. Se modifica entonces la construcción disponiendo una pieza vertical *dd* donde fijar los goznes del postigo para que gire. También en puertas de reducidas dimensiones como la de la *fig. 1756,* se acostumbra hacer un postiguillo *os* donde se pone la cerradura y por el que se introduce el brazo para cerrar ó abrir la puerta corriendo el cerrojo que la sujeta.

1563. Esta clase de puertas se dividen muchas veces en dos *(fig. 1557),* la inferior *an* ó compuerta sirve de antepecho y la superior *nv* de ventana, siendo de gran utilidad en casas rústicas. La superior lleva la cerradura y la inferior el cerrojo como las puertas de postiguillos. La parte superior puede sustituirse con balaustres ó con una reja.

1564. PUERTAS DE CORREDERA.—En almacenes, mercados y locales análogos donde se necesitan grandes puertas, se adoptan hoy mucho las *corredizas* como la representada en la *figura 1758,* por la ventaja de que no estorban al abrirlas ó cerrarlas y por las facilidades que da hoy el hierro para su construcción. Está formada cada hoja de un sólido marco con dos peinazos intermedios cuyas ensamblanduras están reforzadas por barras *B, B* en la unión de los peinazos con los largueros y por escuadras *E, E* en las de éstos con la de los cabíos altos. Por su parte inferior los ensambles de los cabíos bajos con los largueros, quedan reforzados en ambas caras por unas planchas fuertes de hiero *ed* que tienen por objeto principal servir de coginetes á las ruedas indicadas de puntos, mediante las cuales puede correrse la puerta á derecha é izquierda para abrirse ó cerrarse. A este marco, que tiene las aristas interiores achaflanadas, se clava la tablazón gruesa del forro cuyas juntas son machihembradas, encajando en los largueros por medio de lengüetas, como indica en *c* la *figura 1753.* Si las dimensiones de la puerta pasan de 3 metros de altura, se consolida la forma del marco disponiendo traveseros diagonales entre los peinazos y los cabíos, según se indica de puntos á la izquierda de la figura, y si esto no es bastante, formando cruces de San Andrés en cada compartimiento rectangular como aparece de puntos en la hoja de la derecha.

1565. PUERTAS APAINELADAS Ó DE CUADROS.—Se compone esta clase de puertas de un marco dividido generalmente en varios compartimientos llamados *paineles* y algunas veces subdi-

vididos éstos en otros más pequeños ó *cuarterones*, cuya construcción se denomina *á la española*, cubriéndose unos y otros con tableros *aa*, *cc*, *bb* (*figura 1759*), formados de tablas ó tablones que encajan por sus cantos en gárgoles ó ranuras abiertas en los cantos de los largueros y de los peinazos ó travesaños, como se detalla en la sección ó corte *X*, representado en la *fig. 1760*.

Si los tableros son lisos, las puertas se denominan *á la garatusa* y cuando son labrados como el *bt* y las aristas de las piezas que forman los paineles están decoradas con una moldura, como se representa en *ac*, las puertas se dice que son *á la italiana*, en cuyo caso la labor se hace más sencilla por el trasdós ó cara interior *dd* de la puerta, no sobresaliendo por lo general de los paramentos del marco, aunque alguna vez resaltan en forma de almohadillado ú otro relieve. Los peinazos no siempre se disponen normales á los largueros ó á los cabíos, pues, en ciertos casos, el estilo arquitectural obliga á formar dibujos que como en la *fig. 1761* presentan ensamblajes de ángulos oblicuos. Las molduras ó atalres que adornan y rodean los recuadros, se ponen postizas algunas veces (*fig. 1762*), en especial cuando se trata de adornar puertas construidas anteriormente á la garatusa.

Los tableros se forman de tablas ó tablones, perfectamente ajustadas y encoladas por sus cantos, los cuales se labran á ranura y lengüeta en obras esmeradas y simplemente al tope en las ordinarias, sujetándose solo por el encolado y la presión que se ha ejercido para su ajuste, metiéndolos en las cárceles.

En vez de madera se ha empleado algunas veces el hierro fundido en la formación de los tableros, porque se presta á una ornamentación complicada que se hace con facilidad en los moldes y presenta más resistencia y duración que los de madera.

1566. En muchos casos se hacen de madera calada algunos tableros, y en Filipinas, donde el clima es muy húmedo, las puertas de los almacenes tienen en vez del tablero superior una rejilla ó alambrado que permite circular libremente el aire.

La puerta divisoria del portal y el patio, se construye en algunas partes dejando sin tableros los dos tercios de la parte superior ó los tres cuartos, con objeto de que se vean las macetas y adornos del patio. Este hueco se defiende, para su seguridad, con barrotes verticales torneados ó con una verjilla de adorno y se cierra en el invierno con un postigo de vidrios ó vidriera, para que no pase el frío de la calle.

1567. PUERTAS VIDRIERAS.—Cuando algunos tableros se reemplazan por otros de cristal ó vidrio, unas veces transparente y otras translúcido, de colores ó estriado, se tiene lo que se llama *puerta vidriera*. Ocupan los vidrios, generalmente, los $^3/_4$ ó $^4/_5$ superiores de la puerta si corresponde á un balcón y los $^2/_3$ si son para alcobas ó para dar luz á otras habitaciones: en los primeros se procura que pueda verse cómodamente la calle ó el campo, aun estando sentadas las personas, y en los segundos que la parte cerrada con tablero de madera, tenga la suficiente altura para que las sillas ú otros muebles no tropiecen contra los cristales. Los peinazos y largueros tienen en los cantos que forman el compartimiento destinado á llevar cristales una pestaña ó ceja *c* (*fig. 1763*), y los peinazos intermedios la tienen en sus dos lados superior é inferior c', c'', con objeto de alojar los cristales de la manera que se dirá más adelante.

Los peinazos, como se ve en la figura, se reducen en su sección á lo extrictamente necesario para recibir los vidrios y no quitar luz. Cuando la anchura de la vidriera es tan grande que conviene dividirla para que los vidrios sean menores, se coloca un larguero intermedio más estrecho que los del marco y otros travesaños cruzados á él y llamados *cruceros*, formando así cuadros más reducidos.

Por el contrario, en los escaparates de tienda, el hueco se cubre con un solo cristal, cuyas dimensiones aumentan cada día más los fabricantes.

Las puertas vidrieras de balcón y aun algunas interiores, acostumbran tener un postigo de madera en la parte acristalada para cerrar el paso á la luz, cuya construcción se dice *á la catalana*. Este postigo, en los escaparates ó puertas de tiendas, es un tablero suelto para quitarse y ponerse con facilidad ó está formado de varios elementos unidos por bisagras que se pliegan á un lado como las hojas de un libro.

1568. Se deja igualmente paso á la luz por medio de los *montantes ó claraboyas*, llamados también *banderolas*, que son unas ventanillas dispuestas sobre las puertas en el mismo cerco que éstas y de su misma anchura, pero separadas por un travesaño. Llevan una reja, cuando se disponen en las puertas de calle ó exteriores y se pueblan ó no con cristales, que son muchas veces de colores, formando dibujos semejantes á los de la reja que los de-

fiende. También se cierra este hueco con los enrejados ó celosías de que se ha de hablar en este mismo artículo.

1569. CONSTRUCCIÓN DE LAS PUERTAS Y VENTANAS.—La madera destinada á la construcción del portaje debe estar perfectamente seca, especialmente para las puertas de cuadros, si se quiere evitar que se comben ó alabeen, se contraigan y se hiendan.

En la ensambladura de las piezas para formar el marco, la cual se hace á caja y espiga, como se indica en la *fig. 1752*, se enlazan los chaflanes y molduras con cortes á inglete *aa*, que dán más solidez á las espigas y más limpieza al ensamble. Se encolan, y después de introducida la espiga en su caja, se consolida la unión con cuñas que se meten á martillazos por ambos lados y con clavijas que atraviesan la ensambladura. Con el tiempo, sin embargo, las cuñas y las clavijas se desencolan y aflojan y para evitar este inconveniente se ha ideado un procedimiento que vamos á exponer, debido al escultor Roig. Hechas la caja y la espiga de manera que su ajuste sea perfecto, se introducen unos tornillos de madera resistente en ambos lados *aa*, *a'*, *cc*, *c'* de la espiga *(fig. 1764)*, los cuales han de coger parte de ella y de la otra pieza que lleva la caja. Para practicar el taladro, se emplea el instrumento dibujado en la *fig. 1765*, que consiste en una barrena ordinaria puesta en el extremo inferior de un tubo *T*, el cual está fileteado en la parte *rs*. La madera arrancada por el instrumento, sale por el orificio *N*. El tornillo de madera se introduce encolado y luego se asierra y cepilla la parte saliente.

1570. Cuando hay que emplear clavos, deben preferirse las puntas de París, porque la calidad de los otros es hoy muy mala y se parten con facilidad, á no hacerse exprofeso por un herrero en la fragua: las puntas no tienen este defecto y además no rajan tanto la madera. Los tornillos son preferibles á las anteriores porque no salen del agujero, sino es con destornillador. En todo caso, antes de introducir unos ú otros debe hacerse un agujero con una barrena más delgada que el clavo ó tornillo. A veces se embuten las cabezas en la madera, llenando el hueco con un taponcillo de madera encolado, lo que da una obra más limpia.

La cola no debe aplicarse de manera que se oponga á los movimientos de contracción y dilatación de la madera. Así se encolarán entre sí las tablas de un mismo tablero, pero de ningún modo éste con el marco que lo recibe, en cuya unión debe haber completa libertad ó juego para dichos movimientos.

El armado de las puertas requiere sumo cuidado, especialmente cuando son de grandes dimensiones, porque en general se bajan al centro y arrastran por el suelo, á lo que se llama *caerse de escuadra*.

1571. AJUSTE DE LAS PUERTAS CON EL CERCO Y ENTRE SÍ.—A no ser en construcciones muy económicas ó donde las puertas han de girar sobre quicios, en los demás casos encajan en cercos fijos de madera, cuya colocación en obra se ha explicado ya (679). Estos cercos *C (figura 1766)*, llevan una ceja ó batiente *aa* en su contorno interior, contra el cual apoya la puerta *P* al cerrar, y generalmente tiene ésta otro rebajo *(figura 1767)*, con cuyas disposiciones se procura impedir el paso al viento y á la lluvia en los climas templados. En países fríos, hay necesidad de que este ajuste sea más perfecto para que no moleste el viento, y se hace un machihembrado, dotando á la puerta de una lengüeta ó nuez y practicando en el cerco una ranura ó rebajo, al que se da la forma curva *N*, *S* que representan en sección las *figs. 1768* y *1769* ó la doble curva indicada en la *fig. 1770*. Por la parte superior se hacen también lengüetas curvas *R (fig. 1771)*, que entran en ranuras practicadas en el cabezal del cerco. Se consigue un cierre hermético de las juntas, por medio de tubos de goma elástica que rodean todo el cerco y se clavan en los rebajos, como indica en *c* la *fig. 1772*, los cuales al comprimirse cuando se cierra la puerta ó ventana pierden su sección cilíndrica y se aplastan, impidiendo que penetre el aire y el frío en las habitaciones. Esta goma ha venido á sustituir, con ventaja, las tiras de paño que en algunas partes se clavetean en los bordes de las puertas y que las afean extraordinariamente.

Los rebajos de los largueros se suprimen cuando se quiere que la puerta abra en los dos sentidos y se cierre por sí misma, lo cual se consigue dándoles forma cilíndrica, como se ve en *L (fig. 1773)*, y haciendo que el eje de giro *a* se incline superiormente hacia la puerta en el plano vertical de la misma cuando está cerrada, ó empleando resortes de acero que actúen sobre ambas caras.

Para evitar que la lluvia penetre por abajo entre la puerta y el cerco, se labra el cabío inferior de un modo análogo al representado en la *fig. 1771*,

con lo cual el agua que escurre por la puerta abajo, cae fuera del cerco por la forma de goterón *g* que tiene dicho cabío. Se hacen también pequeños taladros *ec* por donde sale el agua que llega al rebajo, pero este medio es poco eficaz y sirve solo para dar salida al vapor condensado que se adhiere á los cristales por la parte interior, cuando en la habitación se reune mucha gente. La solera del cerco se recubre muchas veces de una hoja de cinc *gcd*, para su mejor conservación, y del mismo material se hacen las canalitas *ec*.

1572. El ajuste de las dos hojas de una puerta en su encuentro, se hace unas veces á media madera con cortes rectos *(fig. 1774)*, ó con cortes oblicuos *(fig. 1775)*. También se constituyen estos cortes fijando en la hoja que recibe ó hace de batiente un listón ó bocelón *cc (fig. 1777)*, en cuyo caso la puerta se llama *de falso batiente*. Otras veces, el ajuste se hace por medio de un machihembrado redondo ó de nuez *(fig. 1776)*, pero entonces hay que abrir ó cerrar á la vez las dos hojas de la puerta. Si las hojas han de girar en los dos sentidos, hacia dentro y hacia fuera, el encuentro debe ser sin rebajo alguno, haciéndolo algo convexo *E (fig. 1773)*, para que sea posible el movimiento.

1573. DE LAS VIDRIERAS.—Se componen, como las puertas, de un bastidor ó marco y de travesaños ó cruceros, cuya sección transversal es de reducidas dimensiones para que no quiten luz y presentan los rebajos ó cejas que se indicaron para las puertas vidrieras, con objeto de alojar en ellos los cristales. Estos bastidores se dividen generalmente en otros más reducidos, según es el tamaño de los cristales que han de ponerse. A veces se combinan formando rombos, estrellas ú otros dibujos variados. Su ensamble se hace siempre á caja y espiga, con cortes á inglete, como indica la *fig. 1778*.

Las vidrieras se hacen *fijas ó durmientes* y *móviles:* las primeras, cuando son de grandes dimensiones, se dividen en dos, en sentido de la altura por medio de una pieza horizontal llamada *imposta* y los dos espacios que resultan se subdividen en compartimientos, empleando montantes y peinazos de mayor resistencia que los cruceros. Las movibles tienen, como las puertas, un cerco empotrado en la fábrica de la pared, para encajar en él los marcos de vidriera. Cuando hay además puertas ó ventanas, se fijan en los cercos de éstas ó se clavan en ellos los de las vidrieras que toman entonces el nombre de *contracercos*.

1574. El movimiento de las vidrieras para abrir ó cerrar es muy vario. Lo regular es que giren alrededor de uno de sus largueros, cuando son de una hoja, y de los dos laterales cuando son de dos. En el caso de que la vidriera esté en el mismo cerco que la ventana, resultan de menos luz que ésta cuando las dos abren hacia un mismo lado, pues que hay que disponer las cejas ó batientes *c (figura 1779)*, de manera que la puerta *P* abierta, no estorbe para abrir completamente la vidriera *V*, como se ve á la derecha en *P'*, *V'*.

El giro de las vidrieras puede ser haciendo de eje su cabío superior ó el inferior y también por su medio *(fig. 1780)*, en cuyo caso se denominan *de báscula ó de tabaquera*, teniendo entonces el cerco su rebajo en sentido contrario por la mitad superior que por la inferior, según se observa examinando la sección vertical en *A* y *B*. El eje de rotación se dispone vertical algunas veces, no variando en lo demás la construcción.

1575. Se hacen también corredizas las vidrieras, sea hacia los costados, sea de abajo arriba. En el primer caso llevan unas ruedecillas en el canto inferior del marco para resbalar sobre una corredera cuyo fondo tiene una cinta metálica bruñida. Al abrirse penetran en el grueso de la pared para quedar ocultas ó se adosan á uno de sus paramentos como las puertas de esta clase (1564). Si las vidrieras corren de abajo arriba se denominan de *compuerta ó guillotina* y entonces lo general es que no suba más que la mitad inferior por delante de la otra mitad, la cual está fija por sus bordes laterales *(fig. 1781)* en ranuras ó canales *rs* practicadas en el cerco. La parte movible ó *compuerta* entra igualmente en canales *an* dispuestas en la mitad inferior del cerco cuando está baja ó cerrada y en el ensanche *as* de la canal superior cuando se eleva rozando contra la vidriera fija *F*. Se sostiene en su posición elevada por medio de una chapita de hierro *C*, *C'* que tiene giro vertical de charnela para colocarla debajo de la compuerta en la posición indicada de puntos. Sirven también para mantener levantadas estas vidrieras unos ganchos unidos á la vidriera fija ó unos pasadores embebidos en el canto inferior de la compuerta, los cuales entran en cajas ó taladros practicados en los largueros del cerco. Se emplea también un muelle en forma de nariz en los costados de la vidriera, el cual encaja en muescas practicadas en los largueros del cerco, con lo que la vidriera puede subir pero no

bajar sin retirar los muelles, para lo cual se tira de un botón unido á éstos, quedando así embebido en el canto de dicha vidriera hasta que se suelta el tirador ó botón.

La maniobra de subir ó bajar tiene sus peligros, pero puede facilitarse empleando contrapesos ocultos en la pared, los cuales se suspenden del extremo de cuerdas ó cadenillas que después de pasar por poleas situadas en lo alto de las puertas, se fijan á éstas por el otro extremo.

1576. COLOCACIÓN DE LOS CRISTALES.—Antes de colocar los vidrios que los vidrieros llaman *panales*, se cortan á la medida del compartimiento por medio del diamante. Para ello, cuando el corte es recto, se le pasa por el canto de una regla haciéndole una raya con lo que fácilmente se parte al doblarlo; mas cuando el corte es curvo la operación es delicada y hay que hacer primero un corte poligonal circunscrito á la curva, quitando después los ángulos salientes con los alicates y pasándoles el brujidor para hacer más limpia la curva. Puede hacerse también el corte por medio de tijeras sumergiendo el cristal en agua caliente, ó empleando carbón de Gahn, para lo que se hace en el extremo del vidrio una pequeña ranura con la lima y se aplica el carbón encendido por la línea curva trazada de antemano en el vidrio, el cual va saltando por efecto de la desigual dilatación que sufre. Los cristales deben cortarse de manera que tengan cierta holgura una vez en su sitio, pues si están muy ajustados se estallan cuando la madera hincha con los cambios atmosféricos.

Una vez presentados los vidrios en los rebajos que tienen para este efecto los marcos y peinazos ó cruceros, se sujetan con puntas finas, tachuelas ó trocitos de hoja de lata clavadas en la madera, de modo que queden ocultos lo bastante para que no se distingan por la cara opuesta, y luego, para que el aire ni el agua penetren al través, se cubre la orilla del vidrio y las juntas que lo sujetan con la masilla ó mastic de vidrieros (246), valiéndose para ello de la cuchilla de empastar *(fig. 1782)* que le da la forma achaflanada *c (fig. 1783)*. La sujeción de los vidrios puede efectuarse con cuadradillos de madera *D (fig. 1784)* y también por medio de tabletas *aa (fig. 1785)*, clavados unos y otras con puntas finas. En algunas partes se hace á los cruceros unas ranuras con la sierra como las indicadas en la *fig. 1786*, con objeto de introcir los cristales en ellas; pero este sistema exige que los cruceros estén sueltos y que la colocación de los vidrios se empiece por el inferior entrando después encima el crucero, luego el otro cristal y así sucesivamente hasta el cabío superior que cierra la vidriera, sujetándose todas estas piezas con clavijas. Este sistema ofrece, además, el inconveniente de que para renovar un cristal hay que desarmar todas las piezas superiores al que se ha de colocar.

Los peinazos entre cristales ó cruceros de las tres figuras últimas, pueden suprimirse en las puertas ó vidrieras donde no importe que el viento pase de un lado á otro y los cristales tengan la anchura entre los largueros sin necesidad de cruceros verticales intermedios. En este caso, los cristales descansan por sus cantos unos sobre otros y se sujetan únicamente por sus costados en los largueros de las puertas ó vidrieras, teniendo cuidado de que los cristales que se empleen tengan un grueso igual y que ajusten bien unos con otros para que sea imperceptible su unión. Otras veces esta unión queda cubierta con dobles cruceros, como indica la *fig. 1787*, ensamblados en los largueros y entonces el cabío superior también es de dos piezas para que por entre ellas pasen los cristales á fin de colocarlos en su sitio.

1577. Las vidrieras se arman también en un marco formado por *medias cañas* de hoja de lata, cinc ó latón, uniendo unos cristales con otros por medio de los llamados *filetes* del mismo material, que no son otra cosa que dos medias cañas unidas longitudinalmente por su parte convexa. Los vidrios quedan sujetos por sus bordes en las medias cañas y filetes, los cuales se unen entre sí por soldaduras de la clase que corresponda al metal de que están formados aquéllos, y el conjunto se encaja en el rebajo del bastidor, sujetándolo con tachuelas. Las medias cañas se fabrican por los mismos vidrieros ú hojalateros, valiéndose de una sencilla hilera montada en el mostrador, en la cual, la banda de metal que las ha de formar se obliga á pasar por el agujero correspondiente, cogiéndola por un extremo con unos alicates redondos y tirando con fuerza para que la chapa pase por el agujero, tomando la forma acanalada. Como el mastic no deja paso al viento ni al agua, suelen rellenarse con él los huecos que quedan entre los vidrios y los filetes ó medias cañas, limpiándolas después perfectamente para que no se vea dicho mastic.

Los vidrios se ponen dobles en algunas ocasio-

nes, dejando entre uno y otro un espacio para impedir el paso del frío al interior de las habitaciones, como se hace en los países del Norte, ó para producir una ventilación natural (1492).

1578. Los vidrios se unían entre sí antiguamente por medio de barritas llamadas *plomos*, hechas de este material en sección de doble T muy rebajada, y aun hoy se echa mano de este sistema cuando los vidrios son de color y han de formar dibujos complicados, que es lo que se llama *tracerías*, en las que la vista de la madera sería muy pesada. Estas barritas se fabrican en un *torno de tirar plomos*, que consiste en dos ruedas dentadas de hierro acerado, por entre las cuales pasa la barra de plomo que se ha de tirar, dándole las dos acanaladuras, en las que han de entrar los vidrios. Con estos plomos, soldados unos á otros, se forman las figuras que han de hacer las uniones con arreglo al dibujo de la tracería para que por la combinación de colores resulte el efecto deseado. Los vidrios se colocan en ellos abriendo con la cuchilla de empastar ó con la *tingle*, que es una especie de plegadera de hueso de vaca, una de las aletas de plomo, llevando oblicua la herramienta y volviendo á cerrar la acanaladura una vez colocado el vidrio. El conjunto de la tracería encaja en los rebajos del bastidor ó marco y las uniones se refuerzan en algunos puntos con varillas de hierro que se fijan por sus extremos en el marco y sujetan los plomos por unas sortijillas de hoja de lata soldadas á ellos.

En la composición de tracerías se deben simplificar todo lo posible las curvas y huir de encuentros complicados que el vidrio no admite, teniendo presente que como estas obras se colocan generalmente á gran altura y tienen luz escasa, los plomos se comen muchos perfiles y no conviene detenerse, por lo tanto, en ciertos detalles que no pueden apreciarse y complican el trabajo sin necesidad.

1579. Cuando los peinazos ó cruceros son de hierro, se fijan los vidrios sobre ellos por el intermedio de *corchetes* de hoja de lata *(fig. 1788)* que se colocan á trechos abrazando por la canal ancha *H* el hierro y recibiendo el cristal por la estrecha *cc*. Después se aplica la masilla por ambas caras como en la madera, quedando embebida en ella la parte *cc* de los corchetes.

Hoy se emplean para peinazos y bastidores hierros de T sencilla en las cancelas ó puertas de entrada á los pisos bajos ó á los patios, y los vidrios (que generalmente son de color, cuajados ó grabados), se apoyan en los brazos de la T sujetándolos con masilla como en las armaduras de madera.

1580. PERSIANAS DE MADERA.—Se componen de un bastidor ó marco, cuyo hueco se llena con tablillas ó tabletas paralelas, colocadas á claro y lleno, de modo que pase el aire y no entre el sol, ó que pueda penetrar luz en una habitación y no se descubra desde fuera el interior de la misma. Son *de luz constante* cuando las tablillas están fijas con una inclinación de 45° y *de luz variable* si pueden girar. En el primer caso, tienen encajados los extremos de las latas en ranuras inclinadas y paralelas, practicadas en los cantos de los largueros de modo que puedan renovarse por dentro, es decir, por la parte superior de la ranura, y en el segundo, las tablillas tienen una espiga cilíndrica ó troncónica en cada extremo, para girar dentro de unos taladros ó mortajas hechas en dichos cantos, á fin de darles inclinaciones diferentes, lo cual se efectúa por medio de listones verticales que las sujetan con articulaciones de alambre, haciendo de charnelas, todas las latas de arriba abajo.

Las persianas pueden estar fijas en el cerco de la ventana, de una manera invariable, ó ser movibles como las puertas y ventanas, teniendo los mismos movimientos que las vidrieras.

Las persianas movibles se disponen siempre al exterior de los balcones ó ventanas, abriendo hacia fuera, lo que en ciertos casos afea las fachadas si su posición es delante del guarnecido de los vanos, que es una parte importante de la ornamentación de un edificio, la cual ensucian con el polvo y la lluvia, pudiendo además deteriorarla cuando el viento las azota y se olvida sujetarlas con las retenciones de hierro que deben tener las fachadas. Por esto se ha ideado hacerlas de libro, para plegarlas cuando se abren y ponerlas normalmente á la fachada en el hueco, aun á riesgo de estrecharlo. Si esto se quiere evitar, se construyen de hierro que tienen menos grueso como se verá más adelante.

Cuando las persianas son fijas, porque su objeto es ventilar un local, se acostumbra disponer en el medio un postigo de persiana á la tabaquera, es decir, giratorio por su cabío superior *(fig. 1789)*, el cual se mantiene más ó menos abierto, según se indica de puntos y se explicará luego.

1581. PERSIANAS DE CORTINA.—No son más que unas cortinas formadas de tablillas sujetas por sus dos cantos á unas cintas ó cadenillas que

permiten su giro y atravesadas por dos cordeles que partiendo de la tablilla inferior van á pasar por unas poleas que hay en el dintel y mediante los cuales se pliega contra éste la persiana cuando se la quiere recoger. Se la defiende entonces de la intemperie por un pabellón ó guardapolvo, que unas veces es una simple tabla recortada por abajo en festón y que enrasa con el paramento de la pared, y otras está formado de tablas en forma de cajón, donde queda alojada.

1582. CELOSÍAS.—Se forman como las persianas en bastidores, llenando el hueco con un enrejado de listoncillos de madera ó hierro, colocados diagonalmente *(fig. 1790)* y bastante juntos para que desde fuera no se pueda escudriñar el interior de las habitaciones. Se hacen también con sujeción á figuras geométricas enlazadas, de calados caprichosos, como es un ejemplo la *fig. 1791*, que representa una de las que hay en la mezquita de la Alhambra (Granada).

Los huecos de las celosías se cubren en el archipiélago filipino, con unas conchas bastantes planas, que tienen un hermoso pulimento de nacar por el interior y una superficie groseramente hojosa por el exterior, el cual después de quitarle la corteza se pule, obteniéndose unos discos transparentes. Las conchas se colocan y afirman en unas ranuras que se practican en el contorno interior de cada hueco de la celosía.

Las celosías, por la naturaleza de su destino, son generalmente fijas en su cerco y aun pueden estar formadas sobre este mismo. Se hacen también corredizas en las galerías, especialmente en las que rodean á los edificios en climas cálidos, dándoseles algunas veces la disposición de compuerta ó guillotina, como se ha dicho para las vidrieras.

1583. Las puertas de bambú son unas verdaderas celosías: consisten en un bastidor formado de cuatro cañas, cubierto con un tejido de listones planos de caña ó bojo, y se emplean en construcciones de esta clase, encajadas en cercos de bambú cuyo dintel y umbral tienen unos quicios, á fin de que introducidos en ellos los extremos de los largueros de la puerta, pueda girar ésta para cerrar ó abrir.

1584. ESPESOR Ó GRUESO DEL PORTAJE.—Al fijar el grueso de toda clase de puertas, vidrieras, persianas y celosías, debe ante todo atenderse á los agentes que las han de combatir, sea por su exposición, sea por su seguridad. Las variaciones atmosféricas atraviesan la madera y más fácilmente lo harán cuanto menor sea el espesor; y por el contrario, si éste es el conveniente, quedará siempre alguna parte de madera que contrarreste las variaciones que atacan directamente la superficie impidiendo el alabeo. Generalmente se fija el grueso del marco de una puerta en relación con su altura, dando una mitad más ó el doble á la anchura de los largueros y cabíos.

En las puertas exteriores de entrada al edificio, de cocheras ó de carros, se da al marco un espesor de 25 $^m/_m$ por cada metro de altura y á la tablazón un grueso de 2 á 4 $^c/_m$.

A las puertas interiores suele darse un grueso de 35 á 50 $^m/_m$ por 7 á 10 $^c/_m$ de anchura á los marcos, forrándolas con tabla de 15 á 20 $^m/_m$ de espesor, cuando son de este sistema.

Las tablas y tableros no influyen gran cosa en la solidez de esta clase de obras, excepto en la puerta de barrotes y se les da el espesor de 2 á 4 centímetros.

Se da á las vidrieras menor espesor que á las puertas cuando han de colocarse en el interior del edificio, mas no si han de estar en la fachada ó á la intemperie ó se construyen á la catalana, pues entonces se da á su marco un grueso igual al de las puertas. Los cruceros que subdividen los bastidores de vidriera, tienen generalmente de 25 á 30 milímetros de altura, con el grueso de los largueros.

Los marcos de persianas se hacen más ligeros que los de puertas interiores, cuando se construyen de libro, como es lo general, pues que entonces tienen una gran resistencia por la poca distancia á que están los largueros. Las tablillas tienen de 10 á 12 centímetros de anchura por 1 de grueso próximamente. El enrejado de las celosías está formado, por lo general, con listones de 15 á 20 $^m/_m$ de anchura por 10 de grueso, que encajan en bastidores cuyas escuadrías son como las de vidriera.

Las dimensiones que acabamos de fijar deben modificarse cuando la madera no es de pino, castaño ó nogal, aumentándolas si es blanda y pudiendo, por el contrario, disminuirlas en el caso de emplearse la encina, el roble ú otro material tan duro y fuerte como el de estos árboles.

1585. GUARNECIDO DE CARPINTERÍA EN LOS HUECOS DE PUERTAS Y VENTANAS.—La parte interior de las ventanas y balcones se reviste en algunas partes con madera, adoptando distintas disposiciones. Se defienden sus aristas, como se indicó en el párrafo 680, con hierros

angulares ó con listones moldurados de madera, uniéndose ó no esta armazón con los cercos por medio de travesaños ó peinazos y de tableros como las puertas. La *fig. 1792* indica en proyección horizontal la disposición que puede adoptarse cuando se trata de revestir un derrame *A* con un contracerco *C*, que se une al cerco *M* del balcón por medio de un tablero *ac*, el cual se moldura ó no como los de las puertas de cuadros ó apaineladas. En la *fig. 1793* se representa una disposición muy usada en tabiques ó paredes de poco grueso donde el cerco *C* de la puerta da frente en ambos paramentos. En este caso, el cerco se desune de la fábrica al contraerse y para ocultar la grieta se ponen como cubrejuntas unas bandas molduradas *bd*, *bd* que contribuyen además á dar mejor aspecto á la puerta.

1586. En muchas construcciones, especialmente cuando las puertas de balcón son plegadas ó de libro, se recogen cuando están abiertas ó plegadas en una caja dispuesta en la pared, unas veces normalmente á ella *(fig. 1794)* y otras á lo largo *(fig. 1795)*. En la primera, la hoja *cd* se pliega con la *ac*, según se indica de puntos en *cd'* y ambas unidas ya, giran alrededor del contracerco *C'* y se recogen en el hueco *ab* formado por el cerco *C* y el contracerco *C'*, sujetándose en esta posición con los patines *P* que llevan las vidrieras *V*, las cuales cierran hacia dentro. En la *fig. 1795* la caja está practicada en la pared y las puertas plegadas del mismo modo que las anteriores, y dentro ya del hueco *ab* se cubren con una puerta *pb* que puede figurar una pilastra ó cualquier otra ornamentación arquitectónica.

1587. MIRADORES Ó CIERROS DE VENTANAS, BALCONES Y CORREDORES. —La parte saliente de las rejas y de los balcones se cierra algunas veces con vidrieras que se adaptan al perímetro exterior con objeto de disfrutar mayores vistas sin exponerse á la acción del sol ó á las inclemencias del tiempo.

El cierre de una ventana se compone de varias puertas de vidriera y algunas veces de persianas *(fig. 1796)* colocadas contra la reja en una armadura que presenta dos bastidores generalmente fijos en los costados *ad*, que permiten la salida de la reja, y de uno en el frente *dd* con dos hojas de persiana ó de vidriera en el centro *hk*, *h'k'* de menores dimensiones que el vano de la ventana *vn*, para que puedan abrirse hacia dentro como se indica de puntos. A sus dos lados *h'c* y sobre ellas *ca''*, hay otras persianas ó vidrieras fijas, estando todo el espacio cubierto por arriba con un tablero.

1588. En los balcones *(fig. 1797)* se guarnece el pasamanos con una tabla horizontal voladiza hacia fuera por los tres lados, llamada mesa del cierre, la cual se forma también con un bastidor *aa*, *a'a'*, en cuyos huecos se pueden colocar postigos movibles de cristales. Desde el borde interior de esta mesa al piso del balcón, donde se tiende una solera *ss*, *s'* por los tres lados de su perímetro, se colocan batientes verticales *B*, *B'* para engoznar en ellas vidrieras de una hoja que defienden del aire la parte de la barandilla, que no aparece en la figura para evitar confusión. En el borde exterior de la expresada mesa *aa*, *a'a'* descansan varios largueros verticales, sobre los que se establece un friso de cristales *cd* que sostiene la cubierta ó guardapolvo *C* del cierre. En el frente se dispone una vidriera central de dos hojas *vr* que debe abrir hacia fuera.

Estos cierres, llamados también *miradores*, son en ciertas fachadas un ornamento importante, disponiéndose muchas veces en el chaflan con que se mata la esquina del edificio.

1589. Los corredores que rodean los patios se cierran estableciendo de distancia en distancia unos postes *sp* *(fig. 1798)* para servir de apoyo á la cubierta *pc* y recibir una barandilla por su parte inferior. El espacio medio *A*, *A* se cierra con vidrieras que abren hacia fuera y se sujetan en largueros fijos á dos batientes, uno arriba *pp* y otro abajo *bb* á la altura del pasamanos. En estas galerías se emplean mucho las vidrieras de guillotina *(fig. 1781)* y la barandilla se forma muchas veces de madera como las indicadas en las *figs. 382* y *383*. También se emplean celosías lo mismo para esta parte como para la superior.

En el Norte de España, los corredores que miran al Sur y se llaman *solanas* porque sirven para tomar el sol, se resguardan por sus extremos ó costados de Naciente y Poniente por medio de tabiques, para que estén abrigados de los vientos de estos cuadrantes.

1590. CANCELES.—La armazón de madera que se coloca por la parte interior detrás de las puertas de entrada á los templos, teatros, etc., para impedir el paso del viento y el registro del interior, cierra un espacio generalmente rectangular y algu-

nas veces trapezoidal, donde la cara del frente AB, $A'B'$ (*fig. 1799*) que es la mayor, está formada por una puerta de dos hojas $daad$, $a'd'$, $baab$, $a'b'$ que abren hacia fuera y ajustan en un cerco cuyos largueros verticales d', dd, b', bb se cuelgan de una armazón mayor $ABBA$, $A'B'$, en la que ensamblan los otros dos lados del rectángulo $A'C$, $B'C$. Las puertas abrazan muchas veces toda la anchura AB comprendida entre los largueros de ángulo, colgándose de éstos. En los costados $A'C$, $B'C$ se disponen dos puertas de una hoja ó postigos P, P que abran hacia dentro, cerrándose el resto de la parte superior, lo mismo en el frente que en los costados, con tableros encajados entre los peinazos y los dichos largueros, cuyos tableros se adornan en los templos con bajos relieves de asuntos religiosos, haciéndose muchas veces de vidrieras los más elevados V, V, y hasta todos ellos, menos la parte inferior, como sucede en las entradas de los cafés, teatros, etc. Los largueros AA, BB se ensamblan por sus cabezas en un fuerte bastidor que forma cornisa y se empotra por sus extremidades en la pared asegurando la estabilidad del cancel. Éste se cubre con un artesonado formado como los lados verticales del mismo á fin de que haya completa incomunicación con el exterior cuando las puertas del cancel están cerradas.

El cancel tiene algunas veces solo el frente sin unirse á la pared, manteniéndose en situación vertical por el empotramiento de los largueros en el piso y por su unión con el techo: si esto no es posible por su mucha elevación, se enlazan con la pared por medio de barras de hierro de forma arqueada.

1591. PUERTAS DE CARROS Ó COCHERAS.— Estas puertas es necesario hacerlas de sólida construcción para que puedan resistir los golpes, empujes y rozamientos de los carruajes, y defenderlas además por medio de guardacantones.

Para que un carruaje pueda entrar por una puerta, necesita que ésta tenga una anchura mínima de $2^{m}40$ y que haya amplitud delante para que el carruaje pueda dar fácilmente la vuelta. En calles estrechas donde ésta es difícil, se ensanchan las puertas tanto más cuanto menos espacio haya, lo que obliga á construir esas grandes puertas antiguas que hay en algunas poblaciones. Se puede hacer pasar un carruaje por puertas del ancho mínimo antes marcado, disponiéndolas de una manera análoga á la indicada en planta en la *fig. 1800*.

Las puertas cocheras ó de carros se hacen de marco, forradas ó enrasadas con tablones de mucho grueso, revistiéndolas muchas veces con chapas ó palastros claveteados ~~hasta la altura de los ejes de~~ los carros, de los que deben librarse.

1592. Como ya se indicó al tratar de la colocación de los cercos (680), las puertas se defienden con guardacantones colocados en los ángulos inferiores de los huecos (*fig. 1801*), haciéndose de piedra ó de hierro colado como el G. Los de piedra tienen una parte enterrada en el cimiento y los de hierro, que se adornan con bolas ó caracoleos, se empotran en el umbral, que es de sillería. En todos casos, deben estar separados ó independientes de las jambas para evitar que los choques que reciben de las ruedas se transmitan á la pared y produzcan sacudidas en el edificio. El guardacantón puede suprimirse cuando la anchura de la puerta permite establecer en ambos lados una acera de planta curva y levantada sobre el piso.

Los umbrales que resaltan ó sobresalen del piso para que sirvan de batiente á las hojas de la puerta, es necesario labrarlos de la forma redondeada que se indica en c, con objeto de que las ruedas puedan encarrilar fácilmente y no choquen contra los guardaruedas. En caso de no haber umbral, se precisa colocar en el medio un pitón de hierro empotrado en una losa que se entierra ó en un taco de piedra que sobresale del piso, para que sirva de batiente á la puerta y la detenga en su movimiento cuando se cierra. Este pitón ó taco de piedra se hace independiente también de la fábrica del cimiento, con objeto de evitar en el edificio las sacudidas que produce el golpeo de la puerta contra dicho batiente.

1593. CANCILLAS Y BARRERAS.— Las primeras, destinadas á cerrar la entrada de corrales ó separarlos de los patios, y las segundas, que tienen por objeto atajar el paso de carruajes en un camino, tienen una construcción idéntica, diferenciándose en su robustez. Se forman de un marco compuesto en cada hoja (*fig. 1802*), de dos largueros verticales aa, a', bb, b' unidos á caja y espiga por dos ó más travesaños ab, de los cuales el superior se hace muchas veces curvo como en la figura. Entre los travesaños se establecen varios montantes mm, nn que se ensamblan en ellos al tercio de madera, dejando los dos tercios del grueso al travesaño para no debilitarlo (*fig. 1803*).

Los compartimientos así formados se cierran con tableros, como representa la figura, cuando se quiere dar buen aspecto á la cancilla, los cuales encajan por sus cantos á ranura y lengüeta como los de las puertas de cuadros ó apaineladas. Si no se emplean tableros, se cierran más ó se ponen más inmediatos los montantes para que por entre ellos no se pueda pasar. En este caso, los montantes son por lo general listones, como se ve en la *fig. 1804*, los cuales encajan á media madera en escopleaduras practicadas en una de las caras de los travesaños, sujetándose en ellos con clavijas de madera. También, aunque pocas veces, se hace pasar estos listones á través de los travesaños, como se indica en la *fig. 1805*, pero este sistema no debe adoptarse sino cuando los travesaños son muy gruesos ó los montantes muy delgados, pues de otra manera quedan aquéllos muy debilitados.

1594. Las cancillas se reducen en fincas rústicas á unas armazones como la indicada en la *figura 1806*, que se refuerzan con tirantes de hierro *rt* dispuestos en la diagonal de cada hoja, los cuales se fijan por sus extremos en los largueros de quicio y de cierre y llevan á los $^2/_3$ ó $^3/_4$ de su longitud unos ajustadores *a* para templarlos.

1595. Se combina el hierro con la madera en esta clase de puertas *(fig. 1807)*, sustituyendo los montantes ó listones con barras de hierro más ó menos adornadas, que dan una gran resistencia al sistema.

1596. De construcción análoga á la de las cancillas, aunque mucho más ligeras y bajas, son las *cancelas* ó verjillas que se ponen en algunas partes en el umbral de las casas para reservar el portal ó zaguán del libre acceso del público, y también se emplean para cerrar el paso en los tabiques de madera ó divisiones que se establecen en ciertos establecimientos y oficinas para la separación de sus secciones.

ARTÍCULO III

Obras movibles de hierro

1597. PUERTAS DE HIERRO.—El uso del portaje de hierro tiene hoy limitadas aplicaciones en el interior de los edificios por su pesadez y porque el choque ó tropiezo contra un cuerpo tan duro tiene que producir peores consecuencias que contra la madera. Sin embargo, tiene sobre ésta la gran ventaja de su menor dilatación, que es de un milímetro próximamente en una longitud de un metro, mientras que la madera se contrae mucho al secarse, hace juego y se disloca en todos sentidos, de modo que al poco tiempo de uso, las puertas ó ventanas dejan de ajustar con los cercos y aun en las juntas de sus ensambles presentando mal aspecto, pero en cambio al dejar paso al aire lo renueva en la habitación y contribuye por lo tanto á sanearlo, como se ha indicado al hablar de la ventilación.

Cuando hay necesidad de construirlas de hierro se forman generalmente de un marco de cuadradillo y algunas veces de sección angular, en el que se fijan las planchas de palastro por medio de pequeños roblones *(fig. 1808)* cuando han de contribuir á su única ornamentación y con pasadores remachados hasta enrasar con el palastro cuando se piden de superficies lisas. Encima de las planchas se hace algún ligero adorno *(fig. 1809)* con hierros moldurados formando rombos, cuadrados ú otras figuras, los cuales se fijan en la plancha con pasadores que se remachan de modo que no interrumpan la moldura, y en los hierros del marco por medio de tornillos. En el centro de las figuras poligonales se fijan muchas veces adornos *A* de hierro fundido para darles mejor aspecto. Otras veces se hacen calados de variados dibujos en los tableros de palastro, especialmente en las puertas destinadas á panteones. El ajuste de las dos hojas, cuando son de esta disposición, se dispone á falso batiente fijando la contrapilastra *cc (fig. 1810)* por medio de pasadores remachados.

1598. Con el hierro fundido se hacen puertas ó ventanas de reducidas dimensiones formándolas de una placa ó lámina gruesa con las cejas correspondientes en su contorno para encajar en el cerco, que unas veces es del mismo material y otras es de sillería.

Siendo de grandes dimensiones, la colada del hierro produce alabeos en las grandes superficies y se deben formar las puertas de varias piezas que se unen después con tornillos ó pernetes.

1599. VIDRIERAS.—Éstas se forman de varias piezas, de que es un ejemplo la que indica con sus detalles la *fig. 1811*. El cerco de que se cuelga, son hierros especiales *acb* (detalles L y C), que representan secciones de los largueros y del cabezal ó travesaño superior, siéndolo del inferior la *god* del detalle S, cuyas piezas se unen entre sí

por medio del hierro dibujado en la *fig. 1812*. En esta construcción se han tenido en cuenta las contracciones y dilataciones del metal y los desarreglos que produce en las ventanas el asiento de la fábrica inmediata. En vez de asegurar á ésta solidariamente el cerco, lo retiene simplemente por medio de un tornillo *J (fig. 1813)*, que entra en la hembra abierta en el codillo de un hierro *H* que es el que se empotra en la fábrica. El corte *ab* hecho al larguero para que lo atraviese el tornillo, tiene una longitud de 3 centímetros más que el diámetro del tornillo para que el larguero pueda tener un juego de arriba abajo. El tornillo asegura al larguero por el intermedio de una placa *pc* que oculta el juego dicho. En caso de que la fábrica no haga un asiento igual por ambos lados del vano se pretende evitar sus efectos dejando entre la fábrica y el cerco por tres de sus lados (el superior y los laterales) un espacio de 2 $^c/_m$ que se disimula con un recubrimiento de piezas de madera combinadas. El lado inferior del cerco, por el contrario, apoyaría sobre la fábrica acuñándolo solamente cuando fuera necesario colocar á plomo el cerco.

El marco de la vidriera que se detalla en la *figura 1814*, se forma, como el cerco, de hierros especiales de la forma *mkl* (detalles *fig. 1811)* para los largueros y cabío alto y de la indicada en *not* para el cabío bajo, los cuales se unen entre sí por escuadras como la del cerco. Estas piezas se componen de dos hierros unidos entre sí con remaches y que, como indican las figuras, no ajustan al cerco para dejar juego á las variaciones ó movimientos que ocasione el asiento de las fábricas, cubriéndose estos huecos con las placas *ep*, *ep*.

Así como el cerco puede subir ó bajar, según sea el asiento de la fábrica, lo mismo puede hacerlo la vidriera á lo largo de los largueros. Para ello tiene su juego el tornillo *K (fig. 1813)*, que sujeta el macho *L* del gozne al larguero del cerco.

1600. En la *fig. 1815* y sus dos secciones *AB*, *CD*, aparece otra disposición de vidriera en que se emplea una serie de hierros especiales laminados que se prestan á todas las combinaciones para ventanas, puertas, etc., tanto en la parte recta como en la curva, presentando más paso á la luz por sus formas ligeras, una hermeticidad perfecta y una dilatación casi nula.

1601. Para evitar que la lluvia que azota en el paramento exterior de las vidrieras y corre por ellas abajo se introduzca por el cabío inferior en las habitaciones, se han ideado varias disposiciones para la solera del cerco, que en sección vertical presentamos en las *figs. 1816 á 1819*. Todas ellas tienen una canal *a* á lo largo del cerco de la puerta donde se recoge el agua que escurre del cabío inferior *B* y á la que se da salida por conductos *ae* dispuestos en el centro. La humedad del aire que sale de los pulmones y que al condensarse en tiempo frío se adhiere á los cristales formando gotas, se recoge en estos durmientes de hierro en canales interiores *d* que comunican con los conductos de salida *a* de las exteriores.

1602. Para la colocación de los cristales se emplean hierros de sección especial T, de los que se indicaron algunos en las *figs. 61* y *62*. Estos hierros se ensamblan entre sí, en sus cruzamientos, de la manera indicada en la *fig. 152*, no adoptando la disposición *B''* porque la parte saliente *aa* presentaría mal aspecto. El ensamble de los peinazos con los largueros y de estos entre sí, se verifica de modo más seguro empleando los sistemas que indican las *figs. 147, 149, 153* y *155 á 157* y *158*, según sea la clase de hierros que entran en la unión, pero sustituyendo los pernetes con remaches para que las cabezas no resalten en los paramentos ó no sean un obstáculo para la colocación de los cristales ó de las planchas de los compartimientos inferiores de la vidriera.

Las ventanas de iglesia se componen de grandes vidrieras contenidas en un marco de hierro que se embute y asegura al gran marco que ocupa todo el hueco y que se fija en la fábrica de las paredes.

Los cristales se colocan como en las armaduras de madera, en rebajos que tienen para este efecto los largueros y cabíos, así como los peinazos y cruceros intermedios que son hierros de vidrieras, según aparece en el detalle (T) de la *fig. 1811*. Para fijarlos contra estas pestañas se emplea la masilla de vidrieros como en los de madera, no necesitándose sujetarlos con puntas ó clavillos de trecho en trecho porque la masilla agarra bien en el hierro y no tienen aquéllos movimiento alguno una vez enmasillados.

1603. PERSIANAS DE HIERRO. — Como el hierro se presta á formas que no consiente la madera, las tabletas de las persianas metálicas adoptan secciones de S ó como la indicada en la *fig. 1820*, donde se ve la manecilla *M* que sirve para el juego de las tabletas, las cuales se enlazan unas con otras cuando se cierran, de la manera

que se indica de puntos, formando un cierro tanto más impenetrable cuanto mayor sea el esmero que se haya tenido en su construcción y en su montaje. El palastro se pliega fácilmente á la forma que se desea y admite buen ajuste entre las tabletas; pero el uso, las variaciones atmosféricas y otros accidentes exteriores, hacen que con el tiempo los planos de ajuste se alabeen y el contacto sea casi nulo. Mejor ajuste presenta el hierro laminado de la forma especial que exije la persiana, aunque es á costa de la mayor cantidad de material que necesita por su mayor grueso y será preferible su empleo cuando el peso de la persiana sea indiferente y convenga en ciertos casos cerrar el paso al viento.

Las hojas de palastro de las tabletas se hacen onduladas en pliegues menudos, presentándose alternativamente horizontales y según un ángulo de 45°, de manera que estos últimos arrojan su sombra sobre los primeros, impidiendo así que el palastro se caliente bajo los ardores del sol. Los pliegues horizontales están horadados de numerosos agujeros, de manera que se establece una ventilación entre la persiana y el hueco que queda detrás. Estas hojas están montadas en bastidores de hierro que tienen su giro mediante las bisagras con que se unen, plegándose unos contra otros para acomodarse al espesor de las jambas de las ventanas.

1604. Las tabletas se hacen también de vidrio (180), montándolas en bastidores de hierro divididos por largueros verticales, porque el vidrio resulta muy caro si las tablillas han de tener mucha longitud, además de que son muy fáciles de romperse ó de saltar con el viento. Estas tabletas quedan fijas en las ranuras inclinadas de los largueros, asegurándose además con masilla para que no tengan movimiento. Se emplean también hierros angulares ó como los de la *fig. 61*, que pueden fijarse con remaches ó tornillos en los largueros, dándoles la inclinación *ad (fig. 1821)*: para contener el resbalamiento de los cristales por el plano inclinado se hace en el extremo *a* de los hierros el corte y doblez que se indicó en la *fig. 916* detalle (E).

Se pueden guarnecer los largueros de hierros T *(fig. 1822)* con listones *cb* de madera de unos 3 á 4 centímetros de escuadría y en los cuales se hayan practicado antes con la sierra mecánica unas ranuras *ar*, en las cuales descansan los extremos de las tabletas de vidrio *T*, viniendo á apoyarse contra el ala *cr* del hierro T, para impedir su resbalamiento hacia abajo.

1605. Como se indicó al tratar de las persianas de madera, se emplea el hierro en su construcción cuando se desea estrechar lo menos posible los huecos de ventanas ó balcones. Pueden disponerse en cercos de madera *A (fig. 1823)* ó de hierro *B (fig. 1824)*; pero esto no las oculta, y para conseguirlo se acude á barras de hierro *ac (fig. 1825)* que se fijan en la fábrica por medio de garras *ag* y en cuyo hierro vienen á fijarse los goznes de cuelga de las persianas. Se embeben también en cajas dejadas en las jambas, como aparece en la *fig. 1826*, empleando para formar el cerco donde han de colgarse los hierros angulares *es*.

1606. PUERTAS DE PLANCHAS MOVIBLES Ó CIERRES METÁLICOS.—Especialmente para puertas de almacenes, de tiendas y de escaparates, se han ideado varios sistemas de cierres metálicos, los cuales á su seguridad han de reunir la circunstancia de ocupar poco espacio, lo mismo cuando se cierran que cuando están recogidos. Los que hoy se usan son de tres clases: 1.°, de láminas de palastro resbalando las unas contra las otras; 2.°, de hojas onduladas de una pieza, y 3.°, formadas de elementos articulados.

Los del primer sistema, llamados de *corredera*, se forman de varias hojas horizontales de palastro de 2 milímetros de grueso y de 40 á 60 centímetros de altura con el largo que pide la anchura del vano, cuyas hojas se doblan por sus bordes superior é inferior, presentando unas pestañas *(fig. 1827)* que se enlazan unas con otras formando una cortina como las que se usan generalmente para portezuelas en las chimeneas de sala. Cuando se quieren subir, se levanta la hoja inferior *mn*, la cual arrastra á la superior *eo* desde que la pestaña *m* toca con ella en el punto *e*. Ésta á su vez se lleva á la que tiene encima del mismo modo, y así sucesivamente. Para descender, se comprende que la hoja *mn* arrastrará á la *eo* por medio de la pestaña *n* que tropieza con la correspondiente de la hoja *eo* y así de las demás. La hoja inferior lleva una tuerca en cada extremo en la que entra un tornillo sin fin dispuesto en una caja vertical abierta en cada jamba, cuyos tornillos al dar vueltas elevan las tuercas ó las hacen descender arrastrando consigo la hoja inferior, y por lo tanto las demás. Los tornillos tienen en su extremo superior una rueda dentada cónica que engrana en la correspondiente de un eje horizontal, el cual lleva para este objeto dos de

estas ruedas, una á cada extremo. El movimiento giratorio de los tornillos sin fin se verifica colocando en la parte inferior de cada uno de ellos un engranaje cónico semejante al superior, al que se hace girar por medio de un manubrio.

Esta clase de cierres tiene la ventaja de que no se pueden abrir sino por el interior del edificio, y además de ocupar poco espacio, son impermeables al agua é impenetrables al fuego; pero en cambio son pesados de abrir y cerrar, y en caso de incendio peligrosos por esta misma causa.

La pestaña hecha doblando el palastro se sustituye con cantoneras cuando la cortina ha de ser resistente, corriendo entonces por ranuras ó cajas verticales dispuestas en las jambas de la puerta ó por correderas ó guías de hierro de sección acanalada, como la que indica la *fig. 1828*.

El tornillo sin fin se sustituye en otros sistemas con cadenas que se fijan en la hoja inferior y pasan por poleas dispuestas en el árbol superior, teniendo en el otro extremo un contrapeso para la más fácil maniobra: en otros sistemas el árbol está por abajo, dándose el movimiento á la cadena por una rueda dentada y un tornillo sin fin, transmitiendo el movimiento á otra cadena por el árbol superior.

En el sistema de contrapeso sucede que, como es variable el peso porque aumenta según se van levantando hojas, el contrapeso resulta excesivo al principio cuando no levanta más que una hoja, y muy debil cuando hay varias levantadas, y se ha ideado levantarlas todas á la vez haciéndolas solidarias, lo que se consigue haciendo desigual la anchura de cada hoja y uniéndolas por cruceros articulados *(fig. 1829)*, también desiguales, pero proporcionales á las anchuras de las hojas, á las que cogen por su borde superior: de este modo suben proporcionalmente y el contrapeso tiene siempre la misma carga, con la diferencia de que mientras la hoja inferior sube 2 metros, por ejemplo, la superior solo sube 40 centímetros. El número de las hojas depende de la altura disponible en el dintel de la puerta ó sea del sitio disponible para recogerla. En los costados ó jambas debe haber una caja donde alojar las cadenas *ac* ó los tornillos sin fin y los contrapesos *P*, cuya subida y descenso se fijan por guías de hierro.

1607. En los cierres de una sola chapa ondulada *(fig. 1830)*, denominados *de cortina ó de rollo*, se arrolla la chapa ó se recoge sobre sí misma en un tambor que lleva unos fuertes resortes para equilibrar con su tensión el peso de la cortina y ocupan un pequeño espacio en la parte superior, en la inferior ó en la lateral de la abertura que debe cerrarse. Por su extrema ligereza, pues tienen un grueso de 3 á $^4/_{10}$ de milímetro, y por su especial construcción, funcionan casi automáticamente, bastando para ello empujar ó tirar de ellos como si fueran una cortina, sin ninguna clase de mecanismo auxiliar, pudiendo por esto correrse y arrollarse casi instantáneamente. La cortina corre por unas guías de hierro cuya sección es acanalada *(figura 1828)*, las cuales se colocan en el sitio conveniente de las jambas. Cuando la cortina y el tambor se disponen por la parte de afuera del vano *(figura 1832)*, las guías pueden colocarse por fuera en la arista del telar, como en *A*, ó por dentro como indica la *figura 1833*. Si la cortina ha de correr por el centro del vano *(fig. 1834)*, el tambor ó rollo se sitúa debajo del dintel, y las guías se colocan como se ve en la planta de la figura, y últimamente, en el caso de colocar el tambor en la parte de adentro *(fig. 1835)*, pueden disponerse las guías en la arista, según indica la planta, ó de un modo análogo al de la *fig. 1833*.

En la colocación de estos cierres se procura que las guías se hallen bien á plomo y que el tambor esté perfectamente á nivel, disponiendo los resortes á un lado ú otro, según que el enrollamiento se haga por el interior ó por el exterior.

La cerradura de las cortinas se coloca en el centro *C (fig. 1830)*, por la parte interior, sin necesidad de cortar la puerta en dos partes como al principio se hacía, para unirlas por una barra plana á la que se remachaban los dos bordes cortados de la plancha ondulada.

El movimiento se efectúa también, en vez del resorte contenido en el tambor, por un árbol horizontal accionado por otro vertical que le transmite el movimiento por medio de un tornillo sin fin y de una rueda *(fig. 1836)*.

Cuando detras del cerrador de acero va una vidriera, se fijan las guías en el mismo cerco de ésta prestándose mútuamente estabilidad y resistencia.

El rollo de una puerta de 2 metros de altura tiene unos 25 centímetros de diámetro, la de 3 metros abraza 30 centímetros y las de 4 metros 35 centímetros, de modo que para su fácil movimiento deben encerrarse en cajas que tengan holgadamente dichas dimensiones. Sea cualquiera la disposición adoptada, conviene que estas cajas tengan porte-

zuelas por donde pueda registrarse el mecanismo que produce la subida y bajada de la cortina y componerlo en caso de desarreglo.

1608. El sistema de cortinas de elementos articulados *(fig. 1837)* ó sean hojas de 5 á 8 centímetros de anchura, tiene éstas formando S en su sección transversal para enganchar unas con otras con una gran flexibilidad en el conjunto que permite arrollarlas en un tambor que para una altura de puerta de 2^m50 no da más de 22 centímetros de diámetro en lugar de 30 que exije el de una plancha ondulada. La pequeñez de los elementos de la cortina permite, además, que pueda alojarse en correderas ó guías de hierro de 25 milímetros de anchura y fondo. El tambor tiene en uno de sus extremos un engranaje cónico, al cual se da movimiento por otro análogo dispuesto á una altura conveniente para su manejo, que es por un manubrio, verificándose la transmisión por el eje vertical en que están los dos piñones horizontales de ambos engranajes. Con objeto de que pueda la cortina sostenerse á cualquier altura, lleva junto á la manivela, montadas en el mismo eje y formando cuerpo con la rueda cónica correspondiente, dos ruedas catalinas dirigidos los dientes en sentido contrario en ambas y ajustándose en ellos dos uñas con sus muelles de presión que impiden el movimiento en cualquier sentido.

1609. MIRADORES Ó CIERROS.—El hierro laminado, que no necesita tanto grueso como la madera, se emplea hoy con preferencia á ésta para la construcción de los cierros de ventanas y balcones, por el mejor aspecto que ofrece y menor obstáculo que presenta á la vista.

Se construyen como los de madera, unas veces á plomo de la barandilla del balcón *(fig. 1838)* sobre cuyo pasamanos descansan los montantes verticales que constituyen la armadura, y otras volados con una mesilla *(fig. 1839)*. En ambos casos, se deja en su parte central una vidriera de dos hojas *av* que abre hacia fuera y sus largueros verticales se enlazan por arriba con un friso adornado *cd* que termina en una crestería *ec* ó en labores análogas de hierro, estando todo cubierto con un guardapolvo de palastro ó de cinc. La altura del antepecho *nb* se guarnece igualmente con cristales, disponiendo montantes verticales que se corresponden ó no con los superiores y que van desde una solera sentada en el piso del balcón hasta el pasamanos, sirviendo de batientes á igual número de vidrieras de una hoja. La mesilla se guarnece también de cristales que pueden ser movibles.

1610. Las galerías que rodean los patios ó que sirven de miradores corridos en fachadas, se construyen análogamente á los anteriores, combinándose generalmente con arcadas inferiores de hierro sostenidas en columnas de fundición.

1611. CANCELAS.—Las que sirven para cerrar el paso del portal ó zaguan al patio, se construyen generalmente de hierro, ya por su mayor resistencia, ya porque resultan más diáfanas que las puertas de madera (1566). Se emplea con preferencia el hierro dulce para su formación, haciéndolas de labor (682) como la de la *fig. 1840:* si se hacen de ornamentación han de tener de hierro forjado la armadura, empleando la fundición en los adornos, pues como se sabe ésta no resiste á los golpes, á los que está tan expuesto este cerramiento.

Las cancelas de hierro se componen de dos partes: una fija que se adapta al contorno, generalmente circular, por la parte superior del vano, y otra móvil que es de una hoja *aass*, la cual gira alrededor de uno de los largueros verticales *as*.

Consta la parte fija de un cerco exterior *bdcdb*, hecho con barras planas de canto, en el que se fijan por sus extremos los travesaños *a'a'* que con los largueros *as* forman el cerco de la parte movible. Estas uniones se verifican por medio de espigas que se hacen en las extremidades de unas piezas para entrar en taladros practicados en las otras, de la manera que detalla la *fig. 1841*, cuyas espigas se remachan por sus extremos salientes una vez introducidas en las cajas. Para fijar en las jambas del vano esta parte de la cancela, se emplean clavos que atraviesan el cerco exterior y entran en nudillos empotrados previamente en la fábrica ó que se abren como cola de carpa, para empotrarlos directamente en la misma. También se emplean unos trozos de barra plana que se acodillan por un extremo para remacharse en el cerco exterior y que están abiertos por el otro como pata de cabra, á fin de que agarren en la fábrica de la pared.

La parte móvil de la cancela, ó sea la puerta, consta de un bastidor ó marco hecho de barra plana *aass*, que en las cancelas de labor tiene hecha ésta de pletina, cerrándose generalmente por abajo con una plancha de palastro que forma un tablero *es*, con una moldura central de hierro fundido. Las pletinas se fijan por sus extremos por medio de espigas que se remachan en el bastidor y se ensam-

blan entre sí á medio hierro en sus cruzamientos, según indica la *fig. 1842*, de manera que presenten los cantos en los dos frentes, enrasando con los de las barras planas del cerco y del bastidor, para lo que se emplean de una anchura igual á la de estas últimas. Las pletinas que se unen por contacto se fijan entre sí por medio de pequeños roblones ó remaches, ó por abrazaderas que contribuyen al adorno.

En las cancelas de ornamentación, si ésta es auxiliar del hierro dulce, redondo ó cuadrado, éste penetra á través de las macollas y adornos análogos de fundición, sujetándose después con plomo derretido, y sus extremos se remachan contra las barras planas de la armadura de la cancela. También se hacen de plomo algunos adornos, moldeándose sobre la misma obra ya armada. Si el hierro fundido forma la ornamentación, ésta se sujeta en la armadura mediante las espigas que traen de la fundición, las cuales penetran en taladros practicados en aquélla. Este ensamble es muy falso, y como el hierro fundido es muy quebradizo, no debe aplicarse esta clase de ornamentación si no es en sitios resguardados de golpes y de la mala fe.

1612. Las cancelas que han de llevar cristales, se construyen con los hierros llamados de vidriera ó de sección T, del mismo modo que las vidrieras, pues lo son realmente, diferenciándose solo en la combinación que tiene en las cancelas la parte fija y la movible. Rara vez, sin embargo, se hacen de cuarterones rectangulares, pues lo regular es que obedezcan á dibujos geométricos poligonales ó curvilíneos.

Las verjillas, llamadas también cancelas, que se ponen en el umbral de las puertas de entrada de la calle, tienen poca altura, como las de madera (1596) y son de construcción idéntica á la de las cancillas, de que vamos á hablar, aunque sean mucho más ligeras.

1613. CANCILLAS Ó BARRERAS. — Se componen de dos largueros verticales *al, cr (figura 1843)*, unidos por dos ó más travesaños, el superior de los cuales tiene casi siempre su línea curva. El hueco intermedio se llena con montantes verticales, cuyos extremos se remachan algunas veces en los travesaños después de atravesarlos y otras terminan por arriba en lanza, roseta, piña, etc., y por abajo en regatón ú otro remate de adorno, asegurándose entonces en su cruce con los travesaños por medio de estos suplementos que tienen mayor grueso que los vástagos y entran en ellos á rosca ó se fijan por medio de clavijas que atraviesan el cruce y se remachan después.

La parte inferior de las cancillas, que también se llaman verjas, se dispone con los montantes más juntos que en la superior ó se adorna con labores más tupidas y también se recubre con planchas de palastro, formando un tablero que se adorna con molduras de hierro laminado ó fundido ó de ambos combinados.

Para facilitar el giro de estos cerramientos y procurar que no se caigan de escuadra, es decir, que no pierdan su aplomo, se refuerzan las espigas de los travesaños en su unión con los largueros, con un tope figurado en el detalle (R), ó se acodillan aquéllos como lo está el hierro *A* de la *fig. 113*, para fijarse en el *B*, asegurándose la unión por medio de tornillos y pernos. Se facilita el giro y se evita el riesgo anterior, estableciendo ruedas debajo del larguero de cierre *cr (fig. 1843)*, las cuales resbalan sobre carriles de hierro plano dispuestos sobre el piso en la curva que describe la verja al abrirse.

Cuando la cancilla es de dos hojas y no hay umbral resaltado contra el que puedan apoyar aquéllas, se coloca una piedra en el medio del vano para empotrar un pitón de hierro donde se detenga la verja al cerrar, sirviendo de batiente.

ARTÍCULO IV

Cerrajería ó herraje de obras movibles

1614. HERRAJES DE CUELGA.—Son los que sirven para que puedan girar ó moverse las puertas y su variedad de mamparas, ventanas, vidrieras, persianas, etc.

El medio primitivo de hacer girar una puerta consiste en que los extremos de su larguero de fijas terminen en unos espigones ó *gorrones Q, Q (figura 1751)*, entrando el superior en un agujero practicado en el dintel ó quicial ó en una argolla fija y apoyando el inferior en una pieza de metal ó madera llamada *tejuelo* que tiene una cavidad semiesférica, donde entra y se mueve el gorrón.

Generalmente se hacen éstos de hierro, fijándolos en el quicial de un modo análogo al indicado en las *figs. 1844* y *1845*, cuando se aplican á

puertas de madera, pues cuando son de hierro, basta hacerle punta roma al extremo inferior del quicial y redondear el superior.

Se disponen también, como detalla la *fig. 1846*, en el vértice de una escuadra de hierro *ecs* que se fija con clavos ó tornillos en la puerta, entrando el espigón en una fuerte armella *ar*, *a'r'* que se empotra ó encarcela en el telar de la puerta ó en los pilares que limitan el vano. Este sistema se modifica algunas veces disponiendo el herraje de la forma representada en *R* (*fig. 1755*). En todo caso, la escuadra sirve para reforzar las ensambladuras, impidiendo que la puerta se caiga de escuadra, es decir, que su peso haga que se aflojen los ensambles y pierda su horizontalidad el travesaño *Rs*.

En las puertas de hierro se acostumbra adoptar la disposición indicada en la *fig. 1847*, según la cual el quicial *Q* tiene una cavidad donde entra un pivote dispuesto en la placa de hierro *aa* que se fija en una piedra del piso.

1615. Cuando se quiere que la puerta se cierre por sí sola se acodilla este herraje como se ve en la *fig. 1848*, apoyando en un punto *a* desviado de la vertical bajada del espigón superior, cuya proyección es en *e*. De esta manera, cuando la puerta está abierta tiende á cerrarse, pues tiene inclinado su eje de giro. Se hacen también otros herrajes (*fig. 1849*) que permiten á la hoja de puerta ó de mampara abrir tanto para dentro como para fuera de la habitación, haciendo volver á la puerta al plano de los paramentos por su propio peso. Una aplicación de este sistema se indica en la *fig. 1850*, que presenta en perspectiva una barrera susceptible de abrirse en los dos sentidos y de cerrarse por sí sola. Está colgada por un gozne *G* cuya hembra tiene dos brazos que se adaptan á los dos frentes del travesaño *B*, sujetándose en él con pernos ó tornillos. Por la parte inferior, el giro se verifica por medio de dos hierros verticales *x*, *z* fijados en el poste *P* y de una placa con dos ranuras *x'*, *z'* (detalle A) que encajan en los anteriores hierros girando contra uno de ellos de tal manera que según se abra la barrera en uno ú otro sentido, la rotación se establece alrededor del hierro *x* ó del hierro *z*, resultando de aquí que como el macho del gozne superior *G* no cambia de posición, el eje ó línea de giro se inclina cuando se abre la barrera ya en sentido de *Gx*, ya en el *Gz*, produciendo el peso de aquélla en cada caso una componente normal á una ú otra de sus caras mayores que la hacen tomar la primitiva posición, que es la única en que se mantiene en reposo.

1616. Después del sistema de quicio, para hacer girar las puertas está el *gozne* que todos conocen (*fig. 1851*), el cual está formado por dos piezas, una *M* ó sea el macho que es una especie de escarpia y otra *H* ó sea la hembra, con anillo, donde entra aquél. Las dos piezas se clavan, una en el cerco y otra en el larguero de fijas de la puerta y las puntas de ambas se rebitan contra la madera para que no se salgan. Una de las dos piezas, cuando no hay cerco de madera, se abre por su extremo según aparece en *M'*, para empotrarse en la fábrica de la jamba ó en el telar. El gozne se modifica según se indica en la *fig. 1852* cuando se trata de puertas de construcción algo esmerada y donde no se exige la solidez que presentan los de puntas acabados de describir; éstas se sustituyen por unas planchas *M*, *H* que se fijan en la puerta y en el cerco por medio de tornillos. Otro gozne más sencillo se usa también en obras de poca resistencia y es el que representa la *fig. 1853*, denominado *de nudo* porque lo hacen las dos armellas que lo componen. Se fabrican con varillas ó alambres doblados por su medio, en cuyo caso deben tener la suficiente longitud para que atraviesen la madera donde han de clavarse y puedan rebitarse contra ella, á cuyo efecto se abren sus puntas. Las hembras de los goznes se forman también de barras planas como las que representa en una proyección vertical y dos horizontales la *fig. 1854*, las cuales se fijan con tornillos ó con pernos y sirven para reforzar los ensambles, evitando que se abran ó aflojen, y por lo tanto, que las puertas se caigan de escuadra.

1617. Las puertas de habitaciones, así como las de ventanas ó balcones, se cuelgan generalmente por medio de *bisagras*, llamadas también *pernios* (*fig. 1855*), compuesta cada una de dos ó más planchas *A*, *B* que se arrollan ó encorvan por uno de sus bordes verticales para formar unos tubos, por los cuales pueda introducirse un pasador ó *espita es*. Una de las piezas se fija por medio de tornillos ó clavos en el cerco y la otra en el marco ó bastidor de la puerta, y colocando ésta junto á aquél de modo que se correspondan los ejes de los tubos, se introduce la espiga ó pasador, quedando enlazadas. Las espitas salen de la fábrica fuertemente adheridas á la pieza *A*, constituyendo un macho como en los goznes y siendo entonces hembra la otra pieza.

Se distinguen bastantes variedades de bisagras, y entre ellas las principales son: la *simétrica*, formada de un nudo ó sea de una pareja de macho y hembra, cuyas partes planas ó *aletas* se disponen como en la *fig. 1856; de rosario* cuando tienen varios nudos con las aletas dispuestas de este modo *(fig. 1857)*, y *lesmes* si las aletas son prolongadas *(figs. 1858* y *1859)*.

Las bisagras se embuten muchas veces en la madera, ya para ocultarlas, ya para que puedan plegarse más fácilmente las hojas de las puertas. Otras veces sirven para asegurar las ensambladuras y darles más resistencia si sus brazos ó alas se extienden hasta las dos piezas ensambladas y algunas veces constituyen un objeto de decoración con sus caprichosos recortes, según se ve en la *figura 1860*, y más si se fabrican de hierro bruñido ó de bronce.

1618. Las bisagras *de nudos oblicuos (figura 1869)*, donde los planos de separación de los ojos ó anillos son oblicuos, tiene la circunstancia de que cuando se abre la puerta se levanta al mismo tiempo, puesto que sube la hembra por un plano inclinado, separándose de las esteras ó alfombras, y dejándola abandonada á sí misma, se cierra.

1619. MEDIOS PARA MOVER Ó SUJETAR LAS PUERTAS Ó VENTANAS.—Para mantener más ó menos abiertas las puertas ó vidrieras se emplean mecanismos adecuados. El más sencillo consiste en un *gancho* de alambre *(figura 1862)* que se fija en la pared ó en otra puerta ya abierta por una armella *o* y que sujeta la puerta que se quiere mantener abierta *P*, entrando el gancho en otra armella fijada en ella. Las *taravillas* ó *aldabillas (fig. 1863)* sirven también para sujetar las ventanas ó puertas girándolas convenientemente, y en la *fig. 1864* presentamos una especie de picaporte que se fija en el suelo y sirve para el mismo objeto, pues cuando la puerta *P* toca en el plano inclinado de la nariz *N*, ésta baja, como se indica de puntos, hasta que pasa la puerta, en cuyo caso sube otra vez por razón del mayor peso que tiene el otro extremo.

El postigo de persiana *(fig. 1789)* (y lo mismo puede hacerse con cualquiera vidriera ó ventana giratoria por su cabío superior) se mantiene más ó menos abierto por medio de ganchos *G'* que se fijan en el cerco ó en la persiana fija, los cuales entran en armellas *A* clavadas en la parte móvil *ps* de la manera que se ve en *G'* cuando la persiana se levanta, conservándola en la posición indicada de puntos *sp'*.

1620. La vidriera de báscula *(fig. 1780)* se mueve por medio de una varilla articulada *vam*, cuya parte inferior está dentada y engrana en un piñón que se mueve con el manubrio *mn, m'n'* levantando el cual hace girar la ventana—según se indica de puntos—y deja paso al aire. Para este movimiento se han ideado otros mecanismos que los inventores facilitan en disposición de aplicarse y que excusamos describir por no ser prolijos.

Para cerrar ó abrir las persianas desde dentro de las habitaciones sin necesidad de mover las vidrieras, puede emplearse el mecanismo siguiente. Cuando la persiana es de dos hojas, se compone para cada una de una caja de hierro en la que se pueden mover los tornillos sin fin *V (fig. 1865)* colocados á las extremidades de un árbol *B*, el cual se hace girar por medio del engranaje de ángulo de las ruedas *D*, una de las que corresponde á dicho árbol y otra al eje *A* del manubrio. El giro de los tornillos *V*, ocasiona el de las ruedas dentadas *E* fijadas en la arista de las ventanas, mediante cuyo movimiento se abren ó cierran.

1621. Las puertas de corredera *(fig. 1758)* corren sobre un carril de hierro fuertemente asegurado en el piso, estando mantenidas en su posición vertical por medio de hierros angulares *aa, a'*, dispuestos en la parte superior, que con la viga *vg, v'g'* que forma el dintel del vano, presenta una canal por la que marcha el cabío superior de las puertas. El hierro angular *aa* se fija en esta viga por medio de pernos en los que la extremidad *a'* que ha de recibirlos tiene un ojo para que en él entre un pernete que lo asegure.

1622. El carril al ras del suelo está constantemente obstruyéndose con el polvo y como son tratadas con bruscos empujes fácilmente descarrilan, y su uso es incómodo, por lo que se ha ideado suspenderlas de dos ruedas que, como la *R (fig. 1866)*, corren sobre una barra *B* sostenida á trechos por medio de soportes de hierro dispuestos de modo que entre la barra *B* y la pared donde aquéllos se fijan pueda pasar el brazo *ac* de la barra encorvada *acb* que tiene suspendida la puerta *P* y lleva la rueda *R*, la cual, para que no pueda salirse de su carril *B*, tiene una garganta ó canal como una garrucha.

1623. HERRAJES DE CIERRE Ó SEGURIDAD.—Muchos y variados son los medios de

mantener cerradas las puertas con más ó menos seguridad, y en la imposibilidad de hacer un examen de todos ellos, daremos idea de los sistemas principales á que obedecen los que más comunmente se emplean.

El *cerrojo (fig. 1867)* es una barra cilíndrica de hierro *ba* que resbala horizontalmente dentro de dos armellas clavadas en la puerta y va á entrar por su extremo *a* en otra armella clavada al cerco ó en un agujero practicado en el telar, dándole el movimiento por medio del mango *M*. Se le dota de seguridad terminando en gancho el extremo que va á entrar en la armella del cerco *(fig. 1868)*, para lo que se hace ovalado el ojo *A* de la misma; de este modo, una vez pasado el cerrojo por esta armella, gira al abandonarlo á su peso y queda el gancho de manera que no puede correrse sino se levanta el mango.

Una variante del cerrojo es el *pasador (figura 1869):* la barra es aquí de sección rectangular y corre por dentro de dos grapas *G, G*, fijadas en una placa ó *pletina ab* que se clava en la hoja de la puerta. La barra tiene unos topes entre las dos grapas para que no pueda salirse y se hace correr manejando el botón *B* para que entre ó salga en la grapa *D, D'* del cerco, fijada como las anteriores en otra pletina *ad, c'd'*. Cuando los pasadores son muy pequeños, como el de la *fig. 1870*, toman el nombre de *pestillos* y llevan generalmente un muelle entre la pletina y la barra, que mantiene á ésta apretada contra las grapas para que no se corra. Este muelle deben tenerlo los pasadores cuando su barra ha de colocarse verticalmente, pues de lo contrario se correrían hacia abajo.

1624. Para mantener cerradas las puertas ó ventanas que abren hacia fuera y constan de dos hojas, cuando se quiere mucha firmeza se emplean *barras aa (fig. 1871)*, cuyos extremos están acodillados según *ac*, para entrar en cajas practicadas en los largueros del cerco ó del marco, asegurándose en esta posición por medio de clavijas ó pasadores *ee, e'e'* que las atraviesan.

Las barras, cuando las puertas abren hacia dentro, no tienen codos y se sujetan por un extremo en una armella clavada en un larguero del cerco, para que puedan girar en ella, enganchándose por el otro extremo en otra armella fijada en el opuesto larguero. Se adopta también la disposición de la *fig. 1872* y otras veces se sujetan en el medio de su longitud *(fig. 1873)*, de modo que puedan girar y entrar ó salir de las piezas *A, B* que á modo de escarpias ó semihorquillas presentan la entrada inversa, siendo bastante que la barra tenga un poco más de peso en el lado *A* que en el *B* para que se mantenga horizontal y cada extremidad dentro de la escarpia correspondiente. La cancilla de la *figura 1806*, tiene un cerramiento de esta clase. La barra *db* está sujeta al larguero de cierre *tc* y tiene más largo el brazo superior *dx* con objeto de que ella sola busque la posición *d'b'* apoyándose en la semihorquilla *d'* al mismo tiempo que se detiene en la *b'* puesta hacia abajo. La barra se mantiene en situación vertical mientras se abre, haciéndola entrar en otra media horquilla fijada en *c*, y para completar la sujeción de la barra cuando la puerta está cerrada se mete en *d'* un pasador de hierro que se cuelga de una cadenilla para que no se pierda.

1625. Consiste la *falleba* en una varilla vertical unida á la hoja de puerta ó ventana que cierra, sobresaliendo por arriba y por abajo para asegurarse en el cerco. La falleba ordinaria *(fig. 1874)* tiene cilíndrica la varilla para poder girar en las armellas *A, A* que la sujetan á la puerta, no pudiendo subir ni bajar porque lo impiden unos rebordes ó embases de mayor diámetro que el ojo de las armellas. Los extremos de la varilla están acodillados, presentando unas uñas dispuestas de manera que al hacerlas girar por medio de la manecilla ó mango *mg, m'*, para colocar éste en la disposición que indica la figura, penetran en unas cajas *C, C'* practicadas en el cerco y se sujetan en las pletinas *pt* que están fijadas en el mismo tapando dichas cajas. El mango se retiene, cuando la ventana está cerrada, en una escarpia de nariz *an, a'n'* clavada á la puerta que sirve de batiente, teniendo para ello un giro vertical alrededor de su extremo *g*. La caja y pletina donde se sujetan las uñas de la varilla se sustituyen muchas veces con unas alcayatas clavadas al cerco en las que enganchan las uñas al girar la falleba.

Una variante de la anterior es la falleba *de cremallera (fig. 1875):* la varilla es cuadrada ó aplanada sin uña en su extremo inferior y terminado en gancho el superior *g*. Su movimiento es de traslación vertical, según su eje, por medio de unos dientes donde engrana el piñón con que termina el mango *M, M'*. Al mover éste para colocarlo en la disposición que indica la figura, el extremo inferior de la varilla entra en una armella ó grapa *rr, r'* fi-

jada en la solera del cerco, y el gancho superior agarra el pitón de una escarpia ó entra en la abertura de una pletina *pt*. La falleba de cremallera puede formarse de dos varillas *(fig. 1876)* cuyos extremos *aa*, *cc*, provistos de dientes, engranen en el piñón de la manecilla. En este caso, los otros dos extremos de las varillas son rectos y entran en armellas ó grapas dispuestas en la solera y cabezal del cerco. El mango puede suprimirse haciendo el giro del piñón por medio de un botón ó muleta, pero este medio no da la seguridad que el anterior porque el peso de la varilla superior puede hacer girar el piñón y por lo tanto levantar la varilla inferior quedando ambas fuera de las armellas ó grapas del cerco y la puerta abierta.

1626. El *picaporte (fig. 1877)* se compone de una barrilla que gira por uno de sus extremos *e* y entra por el otro en una escarpia de nariz *N*, *N'* clavada en el cerco, estando aquélla sostenida en su medio por una grapa *gr* que le permite el juego indicado de puntos, el cual se verifica haciendo girar la barra, sea cerrando la puerta de golpe, sea por medio de un botón ó muleta cuyo eje entra de cuadrado en dicho extremo *e*. El botón se dispone también en el medio de la barra *(fig. 1878)* y en este caso su espiga termina en forma de muleta *m*, de modo que al dar vuelta al botón se levanta el lado *a* y por lo tanto la barra *en* que tiene su giro en *e* como en el caso anterior. El picaporte tiene algunas veces un muelle ó resorte *R (fig. 1879)* que oprime la barrilla contra la nariz *N*, *N'* para hacer más eficaz el cierre, y toma el nombre de *cerradura de golpe* cuando la barra de cierre termina en nariz *(fig. 1880)*, y el movimiento es de avance producido por el muelle *M*; la barrilla tiene entonces la forma de S ó Z *nacd*, siendo guiada en su movimiento por dos grapas y por la abertura que da salida á la nariz *n*, *n'* la cual entra ó se recoge en la caja al chocar con el golpe de la puerta en el canto *bb* del cerco ó de la otra hoja de la puerta saliendo inmediatamente al llegar á la escopleadura *E* para entrar en ella y mantener cerrada la puerta. Para abrirla se hace retroceder la barra por medio de una muleta cuyo eje *x* gira manejando el botón ó puño que tiene en sus extremos á un lado y otro de la puerta.

1627. La *cerradura*, cuyo mecanismo es á veces muy complicado para darle seguridad, se compone en todos casos de una barra ó *pestillo* que se mueve dentro de una caja, pero por medio de una pieza independiente que es la *llave*. La cerradura más sencilla *(fig. 1881)*, llamada también *cerraja*, consta de una barra *ab* guiada por la grapa *rg* y por la abertura por donde sale el extremo *b*. La barra tiene en su borde inferior *ds* unos dientes y en el superior unas muescas *m*, en las que entra la uña del muelle *mse* fijado en *e* y cuyo objeto es impedir el movimiento de la barra mientras no se levante la uña *m* por la acción de la llave. Consta ésta de un tronco *T (fig. 1882)*, de un *paletón P* y de un *anillo A* y entra por su extremo *e* en la cerradura por el *ojo s*, figura anterior, cuya abertura es igual á la sección transversal del paletón y tronco de la llave; al girar sirviendo el tronco de eje, tropieza el paletón en el muelle, lo levanta haciendo salir su uña de la muesca *m* y empuja la barra al tropezar con el diente central, haciendo salir su extremo *b*, el cual entra en una caja ó *cerradera* dispuesta en el cerco ó en la otra hoja de la puerta, quedando así cerrada. Así que la llave pasa de los dientes, el muelle recobra su primera posición y su uña *m* entra en las entalladuras de la barra, evitando que ésta retroceda y que por lo tanto pueda abrirse la puerta sin emplear la llave. Para impedir que el pestillo se pueda correr con otra llave, se disponen en la cerradura unos diafragmas llamados *guardias* que se corresponden con otras guardias ó rebajos practicados en el paletón de la llave cuando ésta gira, de manera que cualquier paletón que no tenga las mismas guardias podrá entrar en la cerradura, si tiene la forma del ojo, pero no podrá girar, ni por consiguiente abrir la puerta. Las cerrajas se construyen de modo que solo puedan abrirse por un lado ó por los dos, y son de media vuelta, de vuelta entera y de doble vuelta. Se denomina *de hembra* la llave que tiene un taladro en su tronco, donde entra una espiga fijada en el ojo de la cerradura.

La llave descrita es fácil de falsificar, por complicadas que sean sus guardias, y se han ideado infinidad de mecanismos más ó menos ingeniosos, haciendo cerraduras imposibles de abrir, aun teniendo la verdadera llave, si no se conoce el *secreto*, es decir, la disposición en que debe colocarse y girar ó la combinación ideada para que puedan abrir ó cerrar; pero su descripción nos haría entrar en detalles que corresponden al cerrajero.

La cerradura se combina con el cerrojo *(figura 1883)*, haciendo que el mango de éste tenga una hebilla ú ojo *O* por el que pase la barra ó pestillo

de aquélla, á cuyo fin tiene el palastro una abertura por la que entra dicho ojo, poniéndose al paso del pestillo, el cual se mueve dando vuelta á la llave. Los *candados* tienen la misma combinación, aunque varía la forma del cerrojo y esta suprimido el mango. En las fallebas se sujeta también el mango por medio de una cerradura que se dispone del mismo modo que la de cerrojo.

1628. HERRAJE QUE SE EMPLEA EN LAS PUERTAS.—En las puertas de grandes dimensiones que se han de colgar de goznes, se da á estos gran resistencia, alargando sus brazos para economizar su número y facilitar la operación de quitar y poner aquéllas. En los casos comunes, cuando se emplean bisagras ó pernios, se disponen á distancias menores de un metro, distribuyéndolas su mayor número en la mitad superior de la puerta, es decir, colocándolas más próximas en esta parte. En las puertas que han de plegarse en forma de libro, se embuten las planchas en el grueso de la madera y cuando el piso ha de estar alfombrado ó esterado y la solera del cerco debe enrasar con él, para que no sea un tropiezo, se emplean los pernios de nudos oblicuos.

1629. Cuando la puerta es de una hoja, se cierra sólidamente con un cerrojo que no puede abrirse más que por un lado, que es el interior, ó con un picaporte cuando se quiere por los dos. La cerraja se emplea cuando se quiere impedir que se abra ó cierre por los dos lados. Si la puerta tiene dos hojas, no basta ni el cerrojo, ni el picaporte, ni la cerraja para seguridad: es necesario mantener fija la hoja contra que se cierra por medio de dos pasadores, uno abajo y otro arriba, ó empleando un cerrojo de cerradura ó un candado; aunque en este caso siempre se entreabre la puerta. Las barras colocadas por el interior, sirven para dar más seguridad á los demás herrajes. Las fallebas tienen su principal aplicación en ventanas, vidrieras, persianas, etc.

1630. En todos los herrajes de seguridad se debe tener presente al colocarlos que no se lastime el que los maneja, dejando bastante espacio entre el eje de giro y el cerco ú hoja contra que ajusta la puerta ú hoja movible. Especialmente en fallebas que cierran ventanas con postigos, los herreros poco prácticos dan demasiada longitud á las manecillas ó las colocan de modo que al cerrar cojen el postigo, no pudiendo éste abrirse sino se quita de la escarpia la manecilla que lo impide. El botón ó asidero por donde se cojen los herrajes para su manejo, debe tener bien remachada ó asegurada la espiga que lo sujeta para que no se suelte con el uso; y cuando se emplean roscas ó tornillos para fijarlos en las puertas, se deben disponer las tuercas ó cabezas respectivas en la cara interior de aquéllas, para que desde fuera no se puedan destornillar.

En los asideros de los herrajes se emplea el hierro ó el latón y también la porcelana y el cristal en la parte por donde han de cogerse: los primeros son más duraderos que los segundos, pero en cambio exijen una limpieza constante y dan olor á la mano; la porcelana y el cristal, aun cuando son fácilmente quebradizos, presentan un aspecto elegante y se destacan perfectamente sobre toda clase de pintura.

1631. Además de los herrajes descritos, se emplean en las puertas las *aldabas* para llamar, las *mirillas* para observar desde el interior quien llama y los *tiradores* que sirven de asidero para cerrar las puertas. Sus formas son muy variadas y el material de que se construyen es generalmente el latón y el metal nikelado, para contribuir al adorno de la puerta. En su colocación se procura que sea imposible quitarlos desde fuera, disponiendo en el interior las cabezas de los tornillos con que se sujetan, para que no puedan desatornillarse.

Las puertas se guarnecen, para que no se ensucien por donde se cogen con la mano al abrirlas ó cerrarlas, con tabletas de cristal que se fijan con tornillos de cabeza dorada y tienen biselados sus cantos, á fin de no lastimar con su roce.

ARTÍCULO V

Enrejados para huecos de paredes y cercas.

1632. REJAS.—La red que á modo de parrilla constituye las rejas que se ponen en las ventanas, se forma ordinariamente de barras ó barrotes verticales redondos ó cuadrados que atraviesan á otras barras horizontales de sección plana, en las que se practican los taladros redondos ó cuadrados, según sean aquéllos y se ve en la *fig. 1884*. Las barras verticales se remachan por sus extremidades en las horizontales superior é inferior ó se terminan en florones ó lanzas y regatones ú otros adornos como se dijo al tratar de las cancillas (1613) y se observa en la *fig. 1843*. El hueco entre los barrotes verticales será siempre menor que la cabeza de un

niño, como se fijó al tratar de los balcones (682).

Se ha propuesto hacer los travesaños ó barras horizontales con dobles hierros planos que abracen como cepos á los barrotes, sujetándose la unión con pasadores cuyos extremos se remachan: los barrotes pueden ser de grueso uniforme ó tener unas muescas donde encajen los travesaños. Este sistema de rejas resulta de una gran resistencia, exije menos material que las ordinarias y tiene la ventaja de que se arman en obra sin dificultad alguna, si se tienen preparadas de antemano las barras, las cuales se pueden trabajar al mismo tiempo en el taller. Esto es muy importante tratándose de obras de consideración cuyo transporte sea dificultoso. El hueco que queda entre los travesaños puede rellenarse con palastro recortado de manera que sea un medio de decoración.

La construcción de parrilla en las rejas se hace también con las barras en sentido diagonal formando cuadrados ó rombos, cuyo encuentro, llamado *nudo*, se hermosea muchas veces con un clavo de cabeza historiada con tres ó cuatro hojas.

Los barrotes verticales son algunas veces unos balaustres, entre los que se intercalan dibujos de pletina que se remachan por sus extremos en aquéllos y en los travesaños.

Hoy son muy usadas las rejas de labor y de ornamentación como los antepechos de balcones (682), haciendo las primeras enteramente de pletina con dibujos variados, entre los que se mezclan adornos sueltos como trozos de cuadradillo, hojas, etc., que se hacen generalmente de hierro colado.

Las rejas que se hacen por completo de hierro fundido, admiten toda clase de dibujos y se forman de varias piezas que se unen por medio de tornillos ó roblones, pero éstos remachados con mucho cuidado para que no salte la obra que como se sabe es frágil, por cuya circunstancia no son estas rejas tan resistentes como las de hierro forjado y no deben emplearse de ningún modo donde estén expuestas á choques.

1633. Se disponen las rejas unas veces salientes de la pared, otras enrasadas con ellas y otras empotradas en las mochetas. Las primeras, llamadas *volantes*, se unen á la pared por las barras horizontales que al efecto se doblan normalmente, teniendo en algnnos casos (cuando la salida es grande) algún barrote vertical ó labor que llene el hueco; las *enrasadas* se hallan en el mismo plano del paramento de fachada ó en otro más interior, y las *empotradas* tienen sus barrotes verticales y horizontales introducidos por sus extremos en la fábrica del vano. Las volantes tienen alguna vez movible ó giratoria, como una ventana, la parte superior de su frente, quedando fija como antepecho la inferior, cuya disposición se adapta muy frecuentemente en las enrasadas de los pisos bajos, abriendo en ambos casos hacia fuera. Se hacen también con antepecho enrasado, volando la parte superior.

1634. Se aseguran en la fábrica de los vanos empotrando las extremidades de las barras horizontales, que se abren para ello á fin de agarrar bien, recibiéndose estas entregas con mezcla de cal y arena. Las que son recercadas, es decir, que tienen en todo su contorno un bastidor ó marco de hierro donde se fijan los hierros que las forman como en las cancelas (1611), se fijan en la pared por medio de clavos que terminan en horquilla ó pata de cabra para agarrar en la fábrica ó que se clavan ó embuten en un cerco de madera, el cual es unas veces aparente y otras se cubre con el revoque.

Las rejas que tienen una parte movible deben de ser recercadas para que gire aquélla en el marco, abriendo al efecto unos taladros circulares donde entran los pivotes ó gorrones con que terminan los largueros de quicio de cada hoja, cuyos espigones se ensanchan en forma de gota de sebo al unirse con la hoja para disminuir el rozamiento. El cierre, cuando la parte movible es de dos hojas, se asegura con cerraduras de cerrojo cuya extremidad saliente esté acodillada como en el caso de la *figura 1868*, para evitar que se abra con el movimiento que puede dárseles á dichas hojas. Más fijo queda el cierre empleando fallebas cuya manezuela de giro tenga la disposición del de las cerraduras de cerrojo.

1635. ALAMBRERAS.—Son unas redes hechas de alambre y que se colocan en algunas ventanas para impedir que entren piedras ó pájaros, así como para defender las vidrieras y también para impedir la comunicación entre dos habitaciones ó locales, dejando al mismo tiempo paso al aire y á la luz. Se emplean también contra las tapias de jardines, clavándolas á ellas para servir de apoyo á las plantas trepadoras.

Los alambrados se construyen sobre un bastidor de madera ó de hierro que fija su contorno *bac* (*figura 1885*), y en el que se clavan tachuelas ó se hacen taladros á distancias iguales, pero variables,

según sea el ancho que se quiera dar á las mallas, el cual varía entre 1 y 5 centímetros y según sea el grueso del alambre y la resistencia que haya de presentar la obra. Los alambres, uno por cada tachuela ó agujero de la línea *ac*, se enganchan en las tachuelas ó se atraviesan por los agujeros y se cruzan unos con otros simplemente, como se ve á la izquierda de la figura, ó se les da dos vueltas como se indica en *d*, *d*. Concluida la red, se corta el sobrante de los alambres y se acodillan para clavarlos en la madera ó fijarlos en los agujeros, acabando de clavar las tachuelas todo lo posible hasta embutir los alambres en la madera. El alambre, si es de hierro, es necesario quemarlo (326) para que se doble fácilmente. Cuando el bastidor es de hierro y no conviene hacer los taladros, se da en él una vuelta al alambre para sujetarlo en los puntos marcados de antemano con una punta de acero ó con una lima y al terminar se anudan fuertemente cada dos alambres, abrazando al bastidor.

1636. El alambrado se construye también como un simple tejido, cuya trama y urdimbre presentan mallas del ancho que se desea y que se fijan con las tachuelas ó taladros antes indicados. Estas telas, sin embargo, se fabrican en talleres dedicados á esta industria y se venden en rollos de más ó menos anchura, con mallas cuyo hueco varía desde menos de un milímetro hasta diez, aunque también se hacen mucho más anchos. Las de alambre de hierro salen ya galvanizadas (408) de la fábrica. Se fijan en los bastidores, después de cortada la tela á su medida, por medio de alambres de la misma clase y grueso que el del tejido, los cuales atraviesan todas las mallas y se arrollan en el bastidor ó se pasan por los agujeros, cosiendo la tela metálica al bastidor.

1637. PALIZADAS Ó VALLAS.—Estos enrejados verticales fijados en el suelo, tienen por objeto cerrar un espacio, separar los dedicados á distinto objeto, ocultar una vista desagradable y hasta presentar buen aspecto, contribuyendo á la decoración.

Su construcción es varia, según se emplea en ella la madera ó el hierro, pero siempre se divide en tramos de 3 á 5 metros de longitud, separándolos por estacas, postes, pilarotes y aun pilares de fábrica para darles estabilidad y resistencia. Su disposición general es de barrotes verticales más ó menos separados, ó de enrejado formando rombos, haciendo más tupida la parte inferior para que no pasen los animales, pero sin llegar hasta el suelo, á fin de que la humedad de éste no pudra la madera ú oxide el hierro.

Solo en obras muy rústicas se emplean estacas para separar los tramos: lo general es que cuando se hacen las vallas de madera, sean los postes de piezas escuadradas de $2^{m}50$ á $3^{m}50$ de longitud, que se entierran un metro próximamente, fijándose en el terreno por medio de unas aspas *B* (*fig. 1886*) ó de tablas clavadas transversalmente *A*, teniendo cuidado de embrear la parte enterrada para su conservación. Los tramos se forman de dos largueros, uno de solera *ss'* en la parte inferior y otro en el cuarto superior *bb'*, los cuales entran á caja y espiga en los postes *sb*, llenándose el espacio entre éstos con varios montantes *mn*, que se ensamblan con los largueros del mismo modo que en las cancillas ó barreras, según se ve en las *figs. 1803* á *1805*. Los montantes son otras veces simples tablas clavadas por un lado en los largueros. El enrejado se hace también con listones ó latas de 3 centímetros por 1 de escuadría, que pueden atarse á los largueros con alambre, especialmente cuando se adopta el sistema de celosía. Los tramos se simplifican haciendo aspas, cuyos brazos se ensamblan entre sí á media madera ó al tope. Las aristas de los postes, así como las de las aspas, se matan por medio de chaflanes, cuando se les quiere dar mejor vista ó defenderlas de los rozamientos.

Se forman también las vallas con tablas recortadas por sus cantos, que se separan más ó menos unas de otras y terminan en punta por la parte superior, sustituyéndose los largueros por fuertes listones ó ristreles que sujetan las tablas por ambos lados por medio de clavos y de trecho en trecho por pernos.

Las vallas se reducen en muchos casos á alambres dispuestos horizontalmente unos sobre otros, á distancias variables, según la seguridad que se desea y sujetos en estacas clavadas de dos á tres metros unas de otras. En esta disposición hay que asegurar muy firmemente las estacas de los extremos, para que no cedan al esfuerzo que hace por tumbarlas la tirantez de los alambres, que es su condición más indispensable, y este cuidado es más importante en las estacas de ángulo, porque están solicitadas por fuerzas dirigidas en distinta dirección. Su contrarresto se consigue colocando estacas inclinadas á modo de puntales, en las que la tensión de los alambres se traduzca en compresión.

1638. Se hacen portátiles las palizadas, formándolas de tramos separados, en cuyo caso las latas ó listones se clavan en los largueros, de modo que sobresalen por arriba y por abajo. Los largueros se fijan por sus extremos en cajeros formados por ejiones en los postes ó estacas clavadas préviamente en el suelo, teniendo cuidado de que dichas uniones estén á altura diferente, para que no se estorben unos largueros á otros al armar la palizada.

También se forman las vallas portátiles con montantes ó listones unidos por alambreras y que se arrollan para transportarse de un punto á otro, fijándose en piquetes clavados en la tierra, los cuales se unen por dos largueros uno arriba y otro abajo.

1639. En las vallas ó palizadas de hierro, se emplean muy frecuentemente para postes ó pilarotes los hierros especiales de T, de doble T y angulares, en los cuales se fijan á espiga las barras ó largueros horizontales de hierro plano ó acanaladas. Más resistente es el ensamble que se hace acodillando las extremidades de los largueros, como se indica en *b'*, *s'* *(fig. 1887)*. En el larguero ó solera *ss'* se remachan las extremidades de las varillas verticales ó montantes *mn*, los cuales sobresalen en punta por encima del larguero superior *bb'* ó se disponen por parejas, encorvando las varillas por su medio para formar los arcos indicados á la derecha de la figura. Los postes se aseguran en el terreno, terminándolos de varias maneras, según aparece en *B* y *A* y en la *fig. 1888*, donde el poste se compone de dos, *A* y *B*, que se unen como se ve en *C*. Las soleras *ss'* *(fig. 1887)*, pueden contribuir á la estabilidad de la valla, apoyándolas en el terreno por medio de hierros acodillados *H*.

Estas vallas son otras veces barandillas ó balaustradas, como las que se han descrito para los balcones y escaleras; y en este caso los postes que las dividen en tramos, se fijan en basas de piedra ó en placas de hierro que se sujetan en un cimiento, empotrando unos pernos abiertos por su cabeza inferior y cuyas cabezas superiores son tuercas, como se indica en *Q* *(fig. 1843)*. Se empotran también los postes, simplemente en macizos de fábrica, dándoles la entrega necesaria para que no puedan tener movimiento.

Como las de madera, las vallas de hierro se simplifican reduciéndolas á postes que se enlazan por medio de alambres tirantes, de cuya sujeción vamos á dar alguna idea. Desde luego los postes extremos deben fijarse muy sólidamente en el terreno para que no tengan movimiento con la tirantez de los alambres que se amarran en ellos, apuntalándolos además como se ve en la *fig. 1889*. Los alambres atraviesan los postes por taladros practicados en éstos, pero como la colocación es pesada y en caso de rotura presenta sus inconvenientes su reparación, se emplean algunas veces unas grapas detalle (G), que se fijan con tornillos después de colocado el alambre ó se acude al medio indicado en la *fig. 1890*, donde el alambre se aloja en escopleaduras *E* practicadas en el canto del poste, sujetándolo (después de colocado) con gatillos, cuya situación antes de entrar el alambre es la indicada en (A) y haciéndolo girar con una llave *L*, como se ve en (B), queda en su posición definitiva, según aparece en (C), aprisionando entonces el alambre

1640. VERJAS.—Se hacen generalmente de hierro, sobre un zócalo continuo ó pretil de fábrica de ladrillo, mampostería ó sillería, dividiéndose la parte superior en tramos separados por pilares de fábrica ó pilarotes de madera ó hierro. Los tramos se forman de varios ástiles verticales que atraviesan dos ó más barras horizontales ó largueros, los cuales se fijan á su vez en los pilares empotrando sus extremos. Los ástiles llevan generalmente en su medio una labor ó mazorca, que puede ser de hierro fundido ó de plomo y se remachan por sus extremos en las barras horizontales, aunque por lo común terminan en espigas fileteadas, entrando á rosca en la de arriba una lanza, florón, piña ú otro adorno y en la de abajo otro remate análogo, sirviendo ambos para fijar el cruce de las piezas. El enlace se completa comunmente por medio de labores de hierro, formando combinaciones variadas de que es un ejemplo la *fig. 1891*, que representa la verja del hospital militar de Carabanchel. Las verjas se reducen á una barandilla *ab* *(fig. 1807)* cuando el pretil ó zócalo es bastante elevado.

En las verjas se hacen de hierro forjado los ástiles y largueros y aun los adornos, aunque para éstos puede emplearse la fundición, especialmente si son de dibujo complicado, sujetándose al hierro dulce por medio de ensamblajes. Las mazorcas se fijan con plomo derretido, como se dijo para las barandillas de balcón (682). Se decoran también con plomo que se derrite en moldes, colocados en su sitio después de armados los tramos y con bronce dorado y aun palastro estampado y recortado, en cuyo caso debe cuidarse que no estén dispuestos de

modo que sean receptáculos de agua de lluvia, porque oxidaría las uniones. Éstas se aseguran con pasadores de hierro que se remachan por sus extremos ó por medio de abrazaderas ó anillos que constituyen entonces un objeto decorativo.

Los ástiles se fabrican también de sección triangular *(fig. 1892)*, cuya forma toman en los laminadores, pudiendo además retorcerse para presentar sus esquinas en espiral, como indica la *figura 1893*, donde aparecen de este modo en los ástiles *aa* y de aristas rectas en los *rr*.

Se construyen verjas de hierros huecos fabricados con palastro. Para ello, se recorta éste en cintas ó fajas, sometiéndolas luego á la acción de una hilera que produce el efecto de transformarlas en cañones. Se forma la verja uniendo los ástiles huecos *A, A (fig. 1894)* con las barras *B* que los atraviesan y metiendo en estas últimas pequeños cañoñes *C, C* que encajan con los ástiles del modo que indica la figura. Estos tubos se hacen de unos 25 milímetros de diámetro y se ensamblan también por medio de piezas huecas de forma cúbica como se representa en la *fig. 1895*.

El enrejado se forma algunas veces como las celosías, cuando se trata de separar un patio ó corral de un jardín.

1641. Los largueros de las verjas, cuando han de empotrarse por sus extremos en pilares de fábrica de mampostería ó ladrillo, necesitan una entrega de más de 15 centímetros para que queden bien seguros, cuidando de que sobre el larguero superior haya el volumen ó altura suficiente de pilar para que su peso contribuya á la eficacia del empotramiento. Si los pilares son de sillería, basta que las entregas tengan de 5 á 8 centímetros de profundidad y que se emplomen en sus cajas ó se rellenen de azufre derretido. Cuando los largueros están entre postes ó columnas de fundición, las cajas que en estas se practican son lo suficientemente exactas para que una vez introducidos en ellas los extremos de los largueros, queden éstos fijos en su posición, cuyo procedimiento exige que se vayan colocando sucesivamente los postes y los tramos. Cuando esto no es posible, puede dotarse á los postes ó columnas de aletas *A, A, B, B (figura 1896)*, en la dirección de los largueros y cada una con un taladro para recibir y sujetar estos últimos por medio de pernos. Más sencillo es que las columnas tengan dos aberturas para dar paso á una barra plana de hierro que sobresalga por ambos lados y tenga taladros en sus extremos donde sujetar los de los largueros. En todo caso, no debe olvidarse en las uniones el juego necesario para los efectos de la dilatación y contracción, á fin de que no se tuerzan los largueros saliendo de su línea.

1642. Los postes ó columnas de hierro que dividen una verja en tramos, se empotran por las espigas de sus extremos inferiores en bases de sillería (698), rellenándose después con azufre ó plomo la holgura que quede, para lo cual se labra en el sillar una canalita que lo conduzca derretido desde fuera de la columna, una vez colocada ésta en su posición. En ciertos casos pueden las columnas fijarse en el terreno ó en un cimiento, dándoles una entrega conveniente para suplir con ella el empotramiento de la sillería, según se observa en la *figura 1895*.

Puede aumentarse la estabilidad de las verjas dispuestas sobre un zócalo corrido, apeándolas á trechos con contrafuertes de un modo análogo al indicado en la *fig. 1897*, cuyo refuerzo es de necesidad en las columnas que sirven de quicial á las puertas ó cancillas para que con los movimientos de cerrar y abrir no sufran conmoción y se desvíen de su verticalidad. Se emplean para ello puntales que, empotrados en el terreno ó apoyados por su pie en un cimiento, vayan á apear á la menor altura posible los postes como indica la *fig. 1898*, donde las dos piezas encorvadas *ab, cb* salen del punto común *b*, en el que estriban por medio de un perno empotrado en la fábrica y van á apoyar los postes pareados *P, P*.

ARTÍCULO VI

Sótanos y surtido de aguas á los edificios

1643. SÓTANOS.—Estas piezas subterráneas tienen por objeto mantener una temperatura invariable para conservar ciertos artículos de consumo ó preservar un edificio de la humedad del terreno. Los sótanos, para conservar la temperatura constante de 12 á 14 centígrados, que es la conveniente, han de tener la profundidad de unos 4 metros lo más, pues siendo mayor, el aire se renueva con dificultad y poco á poco se corrompe. Las paredes han de tener el espesor bastante para que la temperatura sea invariable. Se cubren con una bóveda,

aunque también se sustituye ésta con suelos de hierro y hormigón. Se les dejan dos aberturas ó lumbreras cuando menos, una enfrente de otra á ser posible, para que además de dar luz se establezca una corriente de aire que renueve el viciado, pues pudiera suceder que éste resultara insano y hasta mortal. Estas aberturas es más conveniente multiplicarlas disponiendo una por cada hueco de los que hay superiormente en las fachadas, estrechando sus dimensiones, que no establecer una grande que no reparte tan bien la ventilación como aquélla.

Reciben la luz y el aire de una abertura practicada en el umbral de las puertas, según se ve en *V (fig. 1899)* ó en el zócalo, como aparece en la *fig. 1900*. En ambos casos se les da la forma de embudo ensanchando hacia el sótano *S*. Cuando hay dos sótanos, uno debajo de otro, el hueco por donde pasa la luz y el aire se establece como representa en sección la *fig. 1899*.

Si no es posible disponer las lumbreras en las paredes opuestas del sótano se establecen tubos de salida al aire viciado desde la bóveda del sótano á la cubierta del edificio ó á un sitio abrigado y expuesto al Mediodía, cuya orientación, como más cálida, produzca la aspiración necesaria.

Las aberturas practicadas para recibir la luz ó la ventilación se defienden con reja y alambrado con objeto de que no puedan arrojarse ó caerse objetos al interior del sótano. Se tapan también con palastros calados que dejan pasar la luz y el aire y hasta pueden embellecer el zócalo donde se colocan.

1644. Es de gran importancia para la salubridad de un edificio precaverlos contra la humedad del suelo, pues la causa de muchas enfermedades reside en la presencia de seres organizados microscópicos, cuya existencia en el aire se debe á la humedad y cuyo desarrollo se verifica en el interior del suelo en los sitios húmedos, sobre el nivel de las aguas subterráneas. En el verano, en que este nivel desciende, estos organismos se desprenden de las partículas terrosas á que se agarran mientras están en la plenitud de su vida, y son transportados por el aire que circula á través del suelo. Al aire libre los gérmenes miasmáticos se dispersan; pero dentro de los edificios, el aire caliente y ligero obra como aspirador del aire subterráneo, y si el terreno no es impenetrable, los microbios se esparcen por el aire respirado por los habitantes del edificio. En las poblaciones existen además los pozos negros y los escombros, que pueden estar cargados de gérmenes infecciosos.

La impenetrabilidad absoluta del suelo de los sótanos se procura haciéndolos de hormigón hidráulico con las mezclas indicadas en el número 765, dándoles un espesor ó grueso de 15 centímetros. Puede emplearse también el asfalto. En Inglaterra y los Estados Unidos se da la preferencia á capas alternadas de fieltro y alquitrán extendidas entre dos lechos de cemento ó de asfalto, completándose el procedimiento con precauciones á propósito para preservar de humedad á las paredes.

En éstas se busca la impenetrabilidad especialmente del lado del campo ó de la calle, estableciendo contramuros *ab (fig. 1900)* un poco separados de las paredes *P* del sótano para dejar un espacio hueco á todo lo largo del paramento exterior que lo aisle del terreno inmediato *T* y por lo tanto de la humedad de éste. Y como el contramuro *ab* puede dejar paso á algunas filtraciones, se les procura salida, para que el aislamiento sea más eficaz, por medio de tubos de desagüe ó atarjeas *bc*, dispuestas de trecho en trecho en el fondo del hueco aislador, el cual debe tener la forma y las pendientes que se indicaron para las canales maestras de las cubiertas (1334), sustituyendo aquí los bajantes con los tubos de desagüe *bc*. Éstos tienen su salida en el alcantarillado de la población ó en un punto bajo. El contramuro se pone á trechos en contacto con la pared del sótano, por medio de losas ó ladrillos colocadas próximamente al tresbolillo para que sirvan de contrafuertes, con objeto de que aquél pueda ser de poco espesor, pues sin éstos, debería tener las dimensiones de un muro de sostenimiento, cuando en los casos ordinarios puede ser un tabique de 15 á 30 $^{c}/_{m}$ de espesor.

Cuando el piso del edificio está á nivel, ó poco menos que el del terreno exterior como sucede en la figura, y la luz y ventilación no pueden obtenerse en los umbrales, se establecen, si es posible, en las aceras *rs (fig. 1901)*, ó en una especie de zócalo saliente *xrs (fig. 1902)*. En todos casos, si la lumbrera exige la construcción de una arca ó pileta, como en las dos figuras anteriores se ve en *P*, debe darse salida á las aguas pluviales que puedan caer en ellas, estableciendo tubos de desagüe *D* que las conduzcan al alcantarillado.

1645. En la construcción de los techos ó bóvedas de los sótanos, se emplean mezclas hidráulicas ó comunes y de ningún modo yeso, pues la hume-

dad que hay siempre en esta parte del edificio destruiría su cohesión. Si son bóvedas de cañón *(figura 1900)* se construyen lunetos *cns* en el emplazamiento de las ventanas ó lumbreras *tl* para que el sótano reciba la luz y ventilación, disponiendo además en talud *td* la parte de la pared correspondiente al vano. Generalmente se hacen rebajadas estas bóvedas, para que puedan situarse las lumbreras en buenas condiciones, puesto que los empujes están perfectamente contrarrestados, ya por la resistencia del terreno en que están enterrados los sótanos, ya por el peso de las paredes superiores. Se emplean también bóvedas vaídas rebajadas, según demuestra la sección representada en la *fig. 1901*, dividiendo al efecto la longitud del sótano en espacios casi cuadrados, por medio de arcos salientes *acb*, contra los cuales y las paredes puedan apoyarse las bóvedas vaídas ó de tapa de coche (789).

1646. POZOS.—La necesidad de proporcionarse agua, muchas veces para la manipulación de los morteros y exigencias de una obra, especialmente en el campo, obliga á abrir pozos por medio de los cuales pueda llegarse á una capa subterránea que siendo permeable dé paso á filetes fluídos que produzcan manantiales al descubrirse. El pozo en otras ocasiones es un sumidero donde por las capas también permeables, pero en mayor grado que las anteriores, puedan filtrarse y desaparecer de la superficie del suelo las aguas pluviales cuando el terreno no tiene pendiente para su desagüe. También sirven estos pozos sumideros para absorber la parte líquida de las sustancias fecales, conservando las sólidas que tienen aplicación en el beneficio de los campos.

La excavación ó perforación del terreno para un pozo se hace cilíndrica, de unos dos metros de diámetro, adoptando las precauciones que se indicaron al tratar de la apertura de zanjas para cimientos, á fin de prevenir los desprendimientos de las tierras, que si bien en los pozos son más difíciles por que su forma presta cierto apoyo mútuo á las tierras, en cambio el trabajador no tiene salida como en las zanjas cuando observa algún movimiento en el terreno. Se entiva, pues, éste, si no ofrece confianza absoluta de su coherencia, por medio de tablas, supliendo los codales con cinchos de hierro que no estorben como aquéllos para el trabajo, acuñando el hueco entre el cincho y las tablas para que éstas se adapten al terreno y lo sostengan. La longitud de las tablas no puede ser mucha, variando entre uno y dos metros para irlas colocando según pida la profundidad de la excavación. Terminada ésta cuando se encuentra agua, si ésta es la que se busca, se excava por el lado que aparece para descubrirla y formar una cavidad llamada *caldera*, donde queda reservada la que mana ó se filtra del terreno para obtener la cantidad necesaria en un momento dado, pues generalmente es mayor que la filtrada en este mismo tiempo.

Se reviste de mampostería en seco esta cavidad para que deje paso al agua, á no ser que ésta brote del fondo, y sobre esta fábrica se levanta el revestido del pozo, sea con ladrillo ó con piedra, bastando para ello muy poco espesor por la resistencia que por sí misma ofrece la forma cilíndrica cuando el terreno es homogéneo y ejerce una presión igual en todos sentidos, pues si no es así habrá que dar más espesor al revestimiento en los sitios que haya de sostener flojedades del terreno. Este revestimiento, elevado un metro próximamente sobre el suelo, forma el *brocal*, y sobre él se levantan los pilares y arco para colgar la polea que sirve para la extracción del agua. A su lado se construye la pila de fábrica impermeable que debe fundarse sobre el terreno firme y trabarse con el vestido del pozo para que no se desuna y pierda la impermeabilidad.

1647. Cuando el terreno es deleznable ó fangoso, la excavación se hace al mismo tiempo que su revestido, empezando por colocar sobre el lugar mismo en que se ha de abrir el pozo, un cerco ó *corona* de madera cuyo diámetro exterior sea el de la excavación y que se puede formar con dos hileras de tablón de unos 6 centímetros de grueso por el ancho que ha de tener el revestimiento y clavados unos sobre otros de manera que se cubran mútuamente las juntas del mismo modo que las cerchas de cimbras *(fig. 536)*. Encima de este cerco y análogamente á lo que se hace en la India para cimentar (540), se construye lo que ha de formar el revestimiento del pozo hasta una altura de 30 á 40 centímetros y se procede á ahuecar por igual y paulatinamente el terreno dentro de la corona, hasta que descendiendo la fábrica por su propio peso y sin grandes sacudidas enrase la parte construida con la superficie del suelo, en cuyo caso se levanta otra altura igual de revestido y se hace la excavación dicha y así sucesivamente. En Filipinas, donde este procedimiento está en uso, se establecen coronas á ciertas alturas, ligándolas á la del fondo con

cuerdas amarradas al borde interior de ésta y que suben verticalmente dando la vuelta sobre la corona superior, descendiendo por el exterior del muro circular, para sujetarlas en el borde exterior de la corona inmediata de debajo.

1648. En ciertos casos convendrá obtener agua por los llamados pozos instantáneos, que se componen de un chupón (especie de pera hueca con muchos agujeros) que se atornilla en un tubo de hierro de 6 á 7 c/m de diámetro interior, el cual se hinca en el terreno por medio de una maza; cuando se ha introducido un tubo, se añade otro hasta llegar á la profundidad del agua y en este caso se adapta á este tubo una bomba para extraerla.

1649. CISTERNAS Ó ALJIVES.—Son unos depósitos donde se almacena el agua de lluvia, que no cae más que en épocas determinadas mientras que las necesidades del agua son diarias. Estableciéndolos debajo de tierra la conservan á una temperatura constante de 10 á 12 grados centesimales. Las aguas qne se recogen proceden de los tejados principalmente y algunas veces de los patios y otros espacios análogos, donde hay limpieza constante, á pesar de la cual se procura que no entren en la cisterna las primeras aguas, que son las más sucias, ó se las hace pasar antes por filtros que las purifiquen.

La capacidad de una cisterna la fija, en unos casos, la cantidad de agua que cae en un espacio limitado y que debe recogerse, y en otros la necesidad de almacenar un volumen determinado, variando entonces el espacio que lo ha de proporcionar. En ambos casos, se averigua por las observaciones meteorológicas de la localidad, la altura de la lluvia que cae por término medio al año, deducida la que se evapora, bastando en el primer caso multiplicar este dato por los metros superficiales de cubierta ó patio en proyección horizontal, para saber los metros cúbicos que podrán recogerse, de cuyo producto debe rebajarse el consumo durante el periodo de las lluvias. En el segundo caso, la operación es inversa, dividiendo la cantidad de metros cúbicos que se necesita recoger, por la que cae en cada metro superficial, lo que dará el área que debe abrazarse para conseguir aquel volumen. *(a)*

1650. La forma de la cisterna se acomoda al terreno en que se establece. Cuando nada la sujeta, conviene tener presente que la planta circular es más económica en paredes, solado y cubierta que la cuadrada, y que ésta tiene ventajas sobre la rectangular. Se cubren siempre con una bóveda *(figura 1903)*, en la cual se deja una boca *bb* con su brocal *ba* como los pozos. La solera tiene una inclinación *pn* hacia un punto que es un pocito *px*, con objeto de que acudan á él las aguas cuando se limpia y de que los cubos se puedan llenar, para lo que se sitúa debajo del brocal. El agua de los tejados llega por cañerías de barro, de hierro, hoja de lata ó cinc á la pileta *C*, que tiene como se ve su salida *x* á la cisterna. El extremo de la cañería se hace acodado *cd* para que pueda girar según *d'c*, con objeto de que las primeras aguas que arrastran toda la inmundicia de los tejados, viertan al patio *T*, *T* y puedan salir á la calle por el conducto *D*. Cuando se recogen en la cisterna las aguas del solado de los patios, se disponen dos salidas, una la *D* y otra la *az*: la primera da salida á la calle para las primeras aguas que van sucias de los patios, hasta que se lavan éstos, y la otra á la cisterna para cuando ya están limpias, en cuyo momento se tapa la entrada *s* de la pileta y se abre la *e*. Cuando la cisterna está llena, se hace la operación inversa, cerrando la entrada *e* y abriendo la salida *s* para que el agua sobrante vaya al alcantarillado ó á la calle por el tubo *D*.

1651. Se comprende que tanto las paredes como el solado del vaso deben ser impermeables para que no dejen filtrar ó escapar agua y que se debe procurar en absoluto esta impermeabilidad, cuando hay en las inmediaciones letrinas, aguas salobres ó impuras que pudieran filtrarse hacia la cisterna. Se consigue esto construyendo las paredes y solado de fábrica, en la que rebose la mezcla, que si es posible se hará hidráulica, enluciendo de todos modos sus paredes con mortero hidráulico y tomando con éste las juntas del solado. Para más seguridad, se puede rodear la cisterna, por su parte exterior, de un contramuro de mampostería, separado del otro unos 40 centímetros, cuyo espacio se rellena de buena arci-

(a) Se calcula en 10 litros de agua diaria lo que necesita una persona para sus necesidades, 40 un caballo, 30 una vaca ó buey, 5 un cochino y 2 una oveja ó carnero.

Para la construcción de aljives militares, se supone que cada soldado consume 3,6 litros diarios de agua y cada caballo 32, fijándose además 140 litros por cada pabellón de 7 oficiales ó sean 20 litros por cada uno. En los presidios de África se asignan 4 litros por soldado en verano y 2,5 en invierno.

lla perfectamente apisonada, la cual debe extenderse también por bajo del solado, si el terreno sobre que insiste la construcción no es impermeable.

1652. Debe tenerse además presente que las aguas arrastran siempre algunas sustancias vegetales, las cuales entran en putrefacción desarrollando y criando pequeños seres que causan repugnancia. Se evitan estas causas de infección, dando ventilación á las cisternas y arrojando al agua grandes trozos de azufre, carbón de turba ó de sarmientos ó barras de hierro colado. Los peces sirven también para hacer desaparecer los seres organizados que se desarrollan en el agua, purificándola ó librándola de ellos.

1653. FILTROS.—Para clarificar el agua, se la hace pasar por entre cascajo, arena, carbón ú otra sustancia permeable, que es lo que constituye el *filtro*. Éste se establece por lo común en una caja ó cámara de hierro ó de fábrica impermeable, de la capacidad suficiente para que filtre el agua que se desea obtener. El agua unas veces entra por arriba y sale filtrada por abajo y otras por el contrario. En el primer caso, cuando el filtro es grande, se establece en su fondo una cañería permeable formada de materiales en seco ó agujereada en muchos puntos, para recoger el agua ya filtrada y conducirla á donde convenga para su consumo. Si el filtro es de reducidas dimensiones, se dispone el solado en pendiente hacia el sitio determinado para la conducción, suprimiéndose la cañería filtrante. Sobre el solado se forma el filtro con capas superpuestas de carbón, arena y cascajo que retienen las impurezas del agua al pasar ésta por entre ellas. A la entrada del agua en el filtro, se coloca una rejilla ó alambrado que detenga las materias vegetales que arrastran las aguas, y el filtro debe disponerse de manera que sea fácil la extracción de las capas de arena, cascajo y carbón cuando se hallen sucias y la introducción de las que han de sustituirlas.

1654. Cuando se quiere que el agua de lluvia entre clara en una cisterna, puede hacérsela pasar por un arca *(fig. 1904)* dividida en dos por un tabique *bt*, y llena de grava que puede limpiarse ó renovarse con facilidad. El agua (que lleva la dirección indicada por las flechas) entra por un caño *E* en el compartimiento *A* y pasa al *B* atravesando el cascajo del primero y por mechinales dejados en la parte inferior del tabique *bt* para salir por el tubo *S* que la conduce á la cisterna.

1655. De un modo semejante se filtra el agua en la *cisterna á la veneciana,* que representa en sección la *fig. 1905,* donde se ve que antes de entrar el agua en la cisterna por su parte inferior, atraviesa un filtro formado por cascajo y arena, el cual rodea las paredes del vaso *C*. El agua de los patios ó tejados viene por conductos *E, E,* á caer en vasos que reciben el golpe de la misma y la dejan pasar suavemente á la parte superior del cascajo, al cual atraviesa por su propio peso, filtrándose luego por entre la arena de la que pasa á la cisterna perfectamente clarificada. Cuando el cascajo y la arena están muy sucios y no dejan paso al agua, hay que renovarlos. El conducto *D* tiene por objeto dar salida á las aguas sobrantes cuando el vaso está lleno, conduciéndola á los puntos de desagüe.

1656. En Malta adopta el Gobierno inglés para filtrar el agua, la disposición indicada en la *figura 1906*. El agua que entra por la cañería *E* atraviesa una cámara llena de cascajo y dividida en dos por un tabique *T*, pasando de aquí al pozo *P*, en cuyo fondo hay una rejilla de hierro *R* para contener el resbalamiento de las capas alternadas del filtro *F*, por entre las cuales asciende el agua purificándose enteramente y vertiendo por último en la cisterna ó depósito *C*.

1657. El agua corriente de un arroyo puede clarificarse adoptando la disposición de la *figura 1907*, haciéndola entrar á voluntad en una doble arca *A, A*, por medio de llaves *L, L*. De estos compartimientos pasa el agua á filtrarse por ascensión en los filtros *F, F'*, cuya primera capa de grava se extiende sobre planchas de fundición agujereadas, saliendo el agua purificada por la segunda capa ó superior, que es de arena, en la dirección indicada por las flechas. Las materias sólidas se quedan detenidas en las cámaras *A* por el tabique *T* de donde se extraen cerrando la llave correspondiente *L* y abriendo la *S, S'* que da salida á la que queda estancada. De este modo puede limpiarse una de las arcas sin interrumpir el servicio, que se verifica por la otra.

1658. SURTIDO DE AGUAS POR CAÑERÍAS.—Cuando el abastecimiento de aguas de una población se verifica por medio de tuberías dispuestas en las calles con objeto de que los particulares puedan tomarlas con la presión necesaria para que suban á los pisos superiores de las casas y surtir á éstas en los locales que se desee, debe el constructor disponer las obras necesarias de modo

que se consiga el objeto sin perjuicio de la solidez y buena conservación del edificio.

El surtido de agua de un edificio se verifica unas veces de un modo directo con tuberías ó cañerías que desde la general establecida en la calle la conduzcan á las dependencias de la casa, y otras indirectamente llevándola por un tubo especial desde la calle á un depósito establecido generalmente en el piso más alto de la casa, desde el cual se distribuye á los pisos inferiores. En el primer caso el agua se toma á *caño libre*, es decir, sin más limitación que la de no alterar la llave de toma ó los grifos de salida para que el gasto no pueda exceder de la cantidad convenida, ó por medio de *contador*, que es un mecanismo que marca la cantidad de agua que pasa por él. Cuando el surtido se establece por medio de un depósito, la entrada de agua en él es constante ó intermitente, regular ó irregular, pero calculada por una llave de aforo que no permite más paso de agua que la marcada.

El depósito se hace generalmente de hierro, con la capacidad proporcionada al gasto que ha de haber en la casa y en él entra el agua por arriba saliendo por abajo para distribuirla en los pisos inferiores por medio de tubos de plomo. Para mayor seguridad se establece una llave flotador que cierra automáticamente la entrada del agua cuando ha llegado á su máximo, y además otra de desagüe á la cañería para el caso de que no funcione la anterior.

1659. En el surtido de un edificio hay ó pueden emplearse varios aparatos que debemos conocer y entre ellos están los *partidores* ó *llaves de aforo* para distribuir el agua en cantidad determinada, las *llaves de paso*, *de retención*, *de desagüe* y *de salida* para dejar correr ó no el agua por la cañería y las *ventosas* para dar salida al aire que, comprimiéndose con la presión del agua, pudiera romper la cañería. También tienen aplicación en los edificios las *bocas de incendio* cuya utilidad es indiscutible y las *bocas de riego* que facilitan éste en los jardines ó patios.

El *partidor* es una caja generalmente de fábrica á la que por un lado llega el agua saliendo por los otros mediante aberturas verticales que tienen todas la misma altura y cada una la anchura proporcional á la cantidad de agua que han de dejar pasar á los diferentes tubos en que ha de ir repartida. El agua no puede ya salir á mayor altura que la del repartidor, y cuando se quiere que no pierda la presión ó altura que trae, se hace la caja de fundición y se sujeta la tapa con fuertes tornillos después de haber calafateado las juntas para que el agua no se escape. La *llave de aforo* se reduce á una llave ordinaria en cuyo agujero de paso hay una placa delgada con un orificio del diámetro calculado prácticamente para que pase determinada cantidad de agua: una tela metálica delante de la llave impide que esta se obstruya con los arrastres del agua. Esta llave lleva otras dos ordinarias, una á cada lado, para interrumpir la comunicación cuando se quiera, y las tres terminan por arriba en un cuadradillo al que se ajusta el *llavín* cuando se quiere mover, los cuales entran en otros tres orificios de la misma forma de una placa de palastro, que se sujeta en la tapa de la caja donde están las llaves.

Las *llaves de paso ordinarias* son, como se sabe, un pequeño tubo, generalmente de latón, en cuyo medio hay un ensanche cónico ó cilíndrico donde se aloja una pieza de la misma forma que gira alrededor de un eje unido á la parte inferior del tubo y tiene una abertura transversal del mismo diámetro que éste, la cual, si se presenta en la misma dirección, deja pasar el agua, cerrando el paso cuando está normal. Esta llave se mueve por una palanqueta que lleva en la parte superior. La llave de *retención*, que se usa cuando el agua tiene gran presión (en cuyo caso las ordinarias no sirven, pues siempre permiten el paso al líquido), difieren de la anterior, en que se mueve elevándose merced á un tornillo que tiene la llave y que entra en una rosca labrada en la palanqueta y que no tiene el orificio central para el paso del agua, sino que por su forma cónica, al levantarla, entra el agua en una pequeña caja que hay debajo para recibirla y que es la que pone en comunicación los dos tubos que á ella afluyen.

Las *llaves de desagüe* son pequeñas llaves de retención que se colocan en los puntos bajos de las cañerías con objeto de desahogarlas para hacer reparaciones. Las *llaves de salida* son de retención ú ordinarias, á las que en lugar de unir dos tubos, solo concurre el del extremo de la cañería terminando por el otro en un tubo de latón encorvado hacia abajo para la salida del agua. Cuando se emplea para esto la llave de retención, ésta se dispone invertida y en lugar de tornillo lleva un muelle fijo al medio de la palanqueta que da movimiento á la llave y que tiende á tenerla levantada, cuya

palanca gira alrededor de un eje horizontal; de modo que oprimiendo hacia abajo el otro extremo de la palanca, baja la llave y presenta á la cañería un orificio que la atraviesa y da paso al agua.

Las *ventosas*, cuya colocación en los puntos culminantes de una cañería da salida al aire encerrado en ésta, especialmente cuando se carga de agua después de haberla limpiado, deben ser de salida constante de aire ó automáticas. La primera se consigue estableciendo un tubo vertical de la altura suficiente para que por él suba el agua hasta un nivel igual al de su origen ó punto de partida para el abastecimiento de la población: el aire sale entonces naturalmente y el tubo sirve al mismo tiempo de ventilador del agua; pero no es empleado este medio en los edificios, donde se acude á los aparatos automáticos. Entre ellos las ventosas *de flotador* se reducen á unos pequeños tubos unidos á la cañería, en los que hay una cámara y dentro de ella una bola de madera que se adapta y cierra, cuando el agua la levanta, á un estrecho agujero que tiene la cámara en su parte superior y por el que entra y sale el aire sin dificultad al cargar ó vaciar la cañería. El agua cuando entra en la ventosa hace flotar la bola, á la que oprime con fuerza tapando el agujero y no dejando salir el agua. Cuando el aire encerrado tiene una presión mayor que la del agua, oprime la bola hacia abajo y sale al exterior. Se sustituye la ventosa con llaves de desagüe que se abren al cargar la cañería y se cierran en el momento de empezar á salir el agua, pero esto no evita que se acumule con el aire tiempo el aire que lleva el agua y que impida el paso del agua, si no hace estallar la cañería.

Las *bocas de incendios* son grandes llaves de retención cuyo tubo de desagüe está en la parte superior y termina en rosca á la que se atornilla otra de latón unida á una manga de cuero ó de lona embreada, que tiene en el extremo opuesto un tubo cónico de latón para lanzar el agua sobre la parte incendiada con la presión que tiene. Se encierran en una caja embutida en el suelo y cubierta con una tapa cerrada con llave: la manga y lanzadera se guardan en sitio separado.

Las *bocas de riego* solo difieren de las anteriores en la forma de la lanzadera, pues termina en regadera ó en una placa en forma de abanico para repartir el chorro.

1660. ESTABLECIMIENTO DE LA TUBERÍA.—El agua se conduce desde la cañería de la calle al edificio por tubos de hierro fundido ó laminado, de palastro galvanizado, de cinc, de plomo, de vidrio, de barro cocido, etc. El hierro fundido ó laminado se aplica solamente cuando el gasto ó consumo ha de ser considerable, y aun esto sólo para el trayecto desde la cañería general de la población hasta el interior del edificio: los tubos de cinc necesitan estar aislados del hierro para que no se produzcan corrientes eléctricas con su contacto, y si van empotrados en fábrica debe procurarse que no pueda atacarles la cal que los destruye, para evitar lo cual se aconseja envolverlos en papel ó cartón. Por estos inconvenientes se adopta generalmente el plomo cuyos tubos se prestan perfectamente á todas las inflexiones y ángulos, necesitan por su mucha longitud pocas uniones las cuales además son de fácil soldadura y tienen la ventaja de ser inalterables al aire y poderse proporcionar de muy pequeño diámetro para ocupar poco sitio y facilitar su instalación. Tienen, sin embargo, un inconveniente en el surtido de las aguas cuando se les deja vacíos y es que se forman, con el contacto del aire que entra, óxidos peligrosos tanto peores cuanto que la introducción en la economía animal es lenta é imperceptible, por lo que cuando han estado algún tiempo vaciados debe desecharse la primera agua que conduzcan.

1661. Para colocar la cañería hay que hacer en la calle, y alejándose de donde puedan filtrarse aguas sucias, una zanja para enterrarla, y á la entrada del edificio establecer el contador y llave de paso donde sean de fácil registro. La última es de necesidad para el caso de una rotura ó reparación de la tubería interior, acompañándola de una llave de desagüe á la calle ó al acometimiento del alcantarillado, cuando el agua no tiene otra salida que la de los grifos de la casa. El contador ocupa muy poco espacio y se coloca en el zaguan ó debajo de la escalera en un pequeño nicho rectangular cerrado por una portezuela con llave.

En la salida del contador ó de la llave de paso, si aquél no existe, se establece la distribución ó sean los diferentes tubos que han de dirigir el agua á los distintos departamentos del edificio, colocando en cada uno una llave para darles ó quitarles el agua haciéndolos así independientes para que en el caso de una compostura en alguno de ellos no haya que quitar el agua más que en él. Esta clase de llaves conviene disponerlas para el mismo objeto en todos los ramales de la tubería.

Si el agua debe filtrarse para el consumo, se dispondrá el filtro en el sitio conveniente para que proporcione el agua clara en los puntos que se desee, sirviendo la presión del agua para que funcione el aparato. El agua filtrada se recibe en una cuba ó vaso de donde pueda extraerse con facilidad por medio de una llave ó grifo, debiendo además disponerse una salida en la parte alta del recipiente, á fin de que, cuando esté lleno, vierta el agua sobrante á la cañería de desagüe por medio de un tubo que la conduzca á ella.

La tubería interior se coloca en ranuras horizontales practicadas á lo largo de las paredes junto al suelo para embeberla en el grueso de la pared ó del solado y en cajas verticales para que pueda llegar el agua á las habitaciones superiores, huyendo de sitios expuestos á las heladas porque pudiera congelarse aquélla interrumpiendo el servicio y aun rompiendo la tubería. Conviene además que sea fácil el registro de los tubos y cómoda la compostura. La tubería vertical se asegura contra las paredes por medio de alcayatas ó clavos de ojo que la abracen, y lo mismo se hace en los cambios de dirección, sean verticales ú horizontales. Los grifos de toma de agua deben situarse donde sea fácil el desagüe fuera de las habitaciones en el caso de un descuido y donde las gotas ó el agua que salpica al llenar las vasijas no puedan causar daños al edificio.

1662. Los diferentes tubos que componen una conducción se empalman entre sí de distintas maneras. Los de hierro galvanizado que se unen á rosca tienen el inconveniente de no prestarse bien á los cambios de dirección obligando á hacer ondulaciones de grandes radios. Los de hierro que enchufan unos en otros, como los de barro representados en sección en las *figs. 40* y *41*, se unen ó pegan unos á otros empleando un betún hecho con 16 partes en peso de limaduras de hierro, 2 de cal amoníaco y una de azufre: bien mezclados el hierro y la sal se agrega el azufre y ácido clorhídrico en cantidad suficiente para formar una masa blanda que se introduce entre los tubos y resiste hasta el agua hirviendo. Se enchufan también los tubos con una masa de minio, polvo de teja, arena fina y aceite de linaza. El medio mejor, sin embargo, es el de rellenar con plomo el espacio comprendido entre los tubos en la parte que enchufan. Para conseguirlo, se cubre préviamente la junta con barro arcilloso formando un cordón en el cual se abre un agujero en la parte superior, por donde se vierte el plomo derretido: después se quita el barro y se aprieta el plomo con un *botador*, que es un puntero romo al que se da con un martillo. Otro medio de unión de los tubos muy empleado por la facilidad que presenta para renovarlos cuando es necesario, consiste en interponer una rodaja de goma ó caucho en la junta, que se aprieta después con tornillos, á cuyo efecto las extremidades de los tubos tienen rebordes ó bridas y unas orejas salientes.

El empalme de los tubos de plomo es fácil: se cortan los extremos como una pluma de escribir, se mete cada pico en el tubo del otro y se hace después lo que se llama *nudo de soldadura*, que se reduce á verter el estaño fundido en las juntas. Este mismo sistema se emplea para la unión de las llaves con los tubos. Puede también verificarse el empalme por medio de *manguitos* ó trozos de tubo cuyo diámetro interior sea el exterior de la cañería y en el que entran los dos extremos que se quieren unir, soldándose después por ambas uniones.

El acometimiento de una cañería vertical en una horizontal ó la unión de dos formando ángulo, se efectúa practicando en el tubo que ha de recibir al otro un agujero del diámetro de éste en el cual se presenta aquél y se envuelve la unión con un rodete de estopa para verter la soldadura, la cual se aprieta después con un botador.

ARTÍCULO VII

Obras varias de los edificios para estancia de carruajes y de animales y almacenado de sus alimentos.

1663. Sin profundizar en el estudio de los locales más convenientes para la cría de los animales, pues esto sería invadir un campo que está fuera de los límites de esta obra, creemos de necesidad hacer algunas indicaciones de lo que debe tenerse presente en la construcción de edificios para los casos más comunes que ocurren, aconsejando un estudio especial de las condiciones que deben reunir cuando se trate de establecer una industria pecuaria ó la cría de animales y aves domésticas.

1664. COCHERAS.—Siendo el calor perjudicial para los carruajes y necesitando ser lavados á menudo para su limpieza y buena conservación, se sitúan las cocheras con exposición al Norte ó Poniente y de ningún modo al Mediodía.

Aunque la puerta de entrada no necesita más que una anchura de $2^m 50$, la cochera se ensancha dentro hasta 3 metros cuando menos para que haya paso alrededor, dando una longitud ó fondo de 7 metros que puede reducirse á 5 si la lanza del carruaje es giratoria.

Como los carruajes necesitan mucho lavado para su buena conservación, debe evitarse en la construcción de las cocheras que haya rincones ó molduras en sus paredes donde pueda depositarse el polvo que iría á pegarse á los carruajes después de lavados, manchándolos. Las paredes, por lo tanto, deben ser lisas, así como los techos, y el solado ha de disponerse con vertiente hacia un punto para que tenga salida fácil el agua sobrante por una atarjea que la conduzca fuera. El agua, que ha de ser abundante, conviene que esté cerca, disponiendo un grifo en el sitio más conveniente.

Para la debida separación de los carruajes se establecen vallas triangulares que hagan fácil su entrada y salida sin que tropiecen unos con otros.

1665. CUADRAS Ó CABALLERIZAS.—La mejor exposición de una caballeriza es al Norte, para el ganado sano, y la del Mediodía para las caballerías que están enfermas. Si su techo está muy alto resultarán frías y si demasiado bajo ocasionará modorras y otras enfermedades en los caballos por falta de la necesaria ventilación.

Las caballerizas son *sencillas* ó *dobles*, según que puedan albergar una ó dos filas de caballerías. Cuando son dobles pueden disponerse de dos maneras: ó con las pesebreras en los costados de la caballeriza, de modo que haya un paso entre ellas ó con las dos pesebreras en medio y un paso á cada lado. Una caballería de tiro necesita $1^m 40$ á $1^m 50$ de anchura, y una de montar solo $1^m 10$. La longitud se considera de $2^m 80$ incluyendo el pesebre, y se deja otro tanto para paso, de manera que una caballeriza sencilla exige una anchura de $5^m 60$ y una doble $8^m 40$ ú $11^m 20$, según tengan el paso en el centro ó en los lados. Cuando los caballos han de estar sueltos se disponen compartimientos cuyas dimensiones varían entre 4 y 6 metros de longitud por 3 á 5 de anchura, para que el caballo tenga libertad en sus movimientos: se completa el sistema con un corralillo de doble espacio. Las vallas de separación tienen de 2 á 3 metros de altura.

Las caballerizas, como toda clase de viviendas, deben ser claras, limpias y exentas de humedades ó de aires húmedos. Especialmente las mulas son asustadizas y no pueden estar por lo tanto en cuadras oscuras ó tenebrosas.

Conviene que dentro de la caballeriza ó en un local contiguo esté la pila ó abrevadero y de manera que se encuentre siempre templada el agua para evitar resfriados en el invierno y torozones en el verano. También el arca de la cebada ó pienso debe estar inmediato y de ninguna manera debe caer de alto este alimento ó el heno, porque producen polvo que daña á los ojos y vías respiratorias de las caballerías.

1666. Como la limpieza y el aire seco y puro son necesarios para la salud de las caballerías, conviene que las paredes y techos sean lisos, sin rincones que puedan albergar el polvo y detener la circulación del aire y que su construcción sea impermeable para que no dejen paso á la humedad. El enlucido de cal y el blanqueo con ésta hecho á menudo presentan esas condiciones con economía. La bóveda enlucida por su intradós es indudablemente el mejor techo de una caballeriza; pero como esto no es posible en muchos casos, conviene que sean de cielo raso ó que entre los maderos de suelo se establezcan bovedillas bien enlucidas para que no puedan retener el polvo ni las telarañas, que son receptáculos del mismo.

El piso de las cuadras debe tener una pendiente de 1,5 á 3 por 100 desde el pie de los pesebres hacia fuera, según presente el solado mayor ó menor facilidad para el escurrimiento de los orines, teniendo presente que una inclinación fuerte hace sufrir á los caballos y les impide descansar. Esta superficie inclinada vierte en cunetas longitudinales con pendiente en su solera para que desagüen los orines fuera de la caballeriza, pudiendo ser horizontal el borde de las mismas en que remata el solado. En vez de cunetas se emplean también canales de fundición con tapas movibles que tienen bisagras para su giro á la tabaquera; pero como estos conductos tienen pequeñas dimensiones son de limpieza difícil y pesada: empleando el sistema de pozos sumideros para la ventilación (1514) puede el caño darle desagüe poniendo en comunicación sus fondos.

El pavimento se hace generalmente empedrado, el cual debe construirse sobre una capa de hormigón y rellenarse sus juntas con mortero después de terminado para que sea impermeable y no conserve la humedad. Se emplea también para solar, el ladrillo de canto, las losetas de cemento comprimido y

las losas de piedra natural, en la elección de cuyos materiales debe cuidarse que no sean resbaladizos. La madera, que en muchas partes se emplea, tiene el inconveniente de ser esponjosa y absorber los orines. El asfalto no da tan buenos resultados.

En Alemania, el piso, que puede disponerse horizontal, se forma de tablones de encina ó alerce separados de 1 á $1^1/_2$ centímetro para que puedan escurrir los orines y clavados sobre soleras dispuestas en concordancia con las vallas, de manera que el tablado correspondiente á cada compartimiento pueda levantarse y limpiarse. El piso sobre que descansan estos tablados tiene las vertientes necesarias para el desagüe y se construye de hormigón con una capa de cemento ó asfalto, ó de ladrillo tomado con cemento, también sobre una capa de hormigón.

Las puertas de entrada se hacen de 1 metro á 1,50 de anchura, siendo muy conveniente en ciertos casos las de compuerta, que permiten tener abierta la parte superior, que es como una ventana, para que en el verano entre aire nuevo. El herraje debe ser de gran solidez y la cerradura simple, advirtiendo que algunos caballos corren los cerrojos con los dientes.

Las ventanas no deben tener vidrieras sino un giro de eje horizontal, de modo que puedan abrirse fácilmente y que el aire entre en la cuadra sin dar directamente á las caballerías para que su frialdad no las moleste, disponiéndolas á derecha é izquierda ó detras y nunca delante sobre la cabeza de las caballerías á no ser á gran altura.

1667. Los pesebres tienen la forma, como se sabe, de una artesa *(fig. 1908)*, construyéndose unas veces de piedra, otras de ladrillo y también de madera y hierro. Actualmente la piedra artificial con base de cemento tiene mucha aplicación cuando se quiere un pesebre limpio y de buena vista.

Los de madera *(fig. 1909)*, que son muy usados, tienen el inconveniente de su poca duración por la tendencia de las caballerías á roer su borde *b*, degradándolos en poco tiempo. Se evita en parte esta degradación revistiendo dicho borde con una plancha de hierro ó de cinc, la cual debe ser fuerte y estar bien fijada en la madera con abundante clavazón para que no sea fácil que se levante.

El hierro esmaltado sustituye por esto con ventaja á la madera, dándole la forma curva que indica en sección la *fig. 1910*, redondeando especialmente el borde ó arrollándolo como se ve en *a* para que las caballerías no se lastimen. Se establecen estos pesebres sobre cartelas de fundición *cba (fig. 1911)* que se sujetan contra la pared por medio de unas garras *a*, *c* que se empotran en la fábrica.

La escalerilla ó rastrillo donde se coloca el heno ó forraje cuando las caballerías han de comer hierba, se dispone á unos 70 centímetros encima del pesebre, de manera que el grano y desperdicios caigan siempre en éste, dándole para ello cierta inclinación como la indicada en *es (fig. 1908)*, ó dejándola vertical como en la *1909*. Se construyen de madera ó hierro como las escaleras de mano, y en ambos casos la distancia ó hueco entre los palos ó barrotes es de 8 á 13 centímetros, haciéndose redondos con libertad de girar según su eje, para que la hierba salga con facilidad. Las aristas de los largueros deben ser también redondeadas. Empleando hierro puede la escalerilla tener la forma de cesto *es (fig. 1911)*.

Entre el pesebre y la escalerilla se encuentra una parte muy expuesta á las degradaciones de la caballería y debe enlucirse bien con cemento ó revestirse de grandes pizarras que son fáciles de limpiar y no se impregnan de vapores animales, conviniendo aislarlas de la pared para que los vapores condensados puedan escurrirse por detrás. Los azulejos y la porcelana, que por lujo se ponen en este revestido, tienen el inconveniente de que su brillo asusta al caballo y un violento golpe de cabeza basta algunas veces para romperlos. El mármol sin bruñir y en grandes losas es preferible en este caso.

1668. En caballerizas ó cuadras de lujo y también para evitar la humedad de las paredes en las demás, se revisten por su parte inferior con un arrimadillo de madera ensamblado á junta plana y atornillado en traviesas horizontales de hierros angulares ó de T colocadas detrás como se ve en las *figs. 1912* y *1913*, cuya disposición hace que la madera esté separada de la pared lo que tienen de salida los brazos de los hierros.

Cada caballería tiene, en muchos casos, su pesebrera y escalerilla separadas generalmente por una reja como la representada en *R (fig. 1911)*, dando una longitud de 1^m10 á los pesebres de los caballos de silla y de 1^m40 á los de tiro.

Cuando la separación de los caballos ha de ser completa, se establecen entre unos y otros unas vallas que pueden ser *fijas V (fig. 1909)* ó *móviles*

B (fig. 1911). Las primeras, que son las más convenientes, tienen una altura de 1ᵐ6 á 1ᵐ8 junto al pesebre y 1 metro próximamente en el otro extremo, por una longitud de unos tres metros: las segundas tienen una altura igual de 1 metro próximamente por 2ᵐ50 á 3 metros de longitud.

Las vallas fijas deben ser sólidas para que el caballo no pueda moverlas cuando se rasca en ellas, ni socavarlas y romperse una pata. Las construidas con madera como la de la *fig. 1908* están expuestas á destrozarse pronto porque las caballerías las roen cuando están sueltas; para evitarlo se hacen de hierro y madera empleando aquél en los bastidores ó marcos y ésta en los tableros. Se defienden también las de madera guarneciendo las aristas de la parte rectangular superior con cantoneras de hierro ó con hierros planos y especiales dispuestos como indican en *A* las *figs. 1914* y *1915*, los cuales se roblonan entre sí ó se sujetan por tornillos, embebidas en el hierro sus cabezas cuando se quiere que puedan desarmarse si es necesario. Por el pie se resguardan las vallas de la humedad del suelo haciendo descansar la madera en una barra plana sostenida por dos cantoneras *C, C* que se atornillan en los cantos de aquélla ó encajándola en un hierro *R* que por encima tiene la forma acanalada, presentando por abajo dos rebordes para descansar en el suelo. La parte de valla que va sobre la anterior y que en la *fig. 1909* figura un triángulo rectilíneo, es, como se ve, una reja cuya barra superior inclinada *ca* se hace generalmente curva en las vallas donde entra el hierro, siendo en ambos casos como el pasamanos de una escalera.

Las vallas movibles *(fig. 1911)* son bastidores rectangulares *B*, que pueden girar como una puerta alrededor del poste *P* que separa unos pesebres de otros, y que están suspendidos en el otro extremo por una cadena *dn* que cuelga del techo de la cuadra. La valla se reduce algunas veces, cuando las caballerías son mansas, á un simple madero horizontal forrado de cinc ó palastro, enganchado por una extremidad en el poste de los pesebres y suspendido por la otra de una cuerda. La altura del suelo á que debe colocarse ha de ser de un metro lo menos, para que no puedan los caballos pasar las patas por encima.

Se hacen las vallas articuladas con cuatro tablones *(fig. 1916)* y un cabezal, unidos aquéllos á junta plana sin ranuras ni lengüetas, por medio de bisagras para que al chocar en ellas las caballerías sean flexibles y no lastimen á las otras. El cabezal *cb* es más largo que los tablones y está armado en la extremidad *c* que le une al poste *P, P'* de un estribo de hierro con un botón saliente *e* que se retiene por una plancha *nn, n'n'* clavada en el poste, para lo cual tiene éste una caja *e*, y la plancha una abertura que se ensancha por arriba para darle entrada, de manera que al descender no pueda salir porque la ranura solo tiene la anchura precisa para la espiga del botón.

1669. ESTABLOS.—La disposición de un establo para bueyes difiere poco de la indicada para las caballerías; sin embargo, su exposición puede ser al Sur aunque con ventanas al Norte para abrirlas en tiempos calurosos.

La menor anchura de un establo simple es de 4 metros, 3 para el buey ó vaca y 1 para paso, ó mejor 3'50 por cabeza y pesebre, 1 para el paso y 0'50 para colgar los yugos de la pared. Los pesebres se disponen bajos para que el ganado pueda comer echado y el paso debe estar entre ellos y la pared para echar la comida desde él: se hacen de mayor anchura que los de las mulas y caballos, dándoles también mayor longitud, pues que los bueyes necesitan mayor espacio para la libertad de sus movimientos y porque están mucho tiempo acostados.

Las condiciones de construcción son las mismas que en las caballerizas ó cuadras, pues que análogas razones existen aquí para que sean limpios, bien ventilados y claros, pudiendo disponerse de manera que el ganado vea la gente, porque su vista le agrada. El solado puede ser aquí de ladrillo, porque no estando herrado el ganado vacuno resiste aquel material el uso que ha de sufrir. La cuneta que recoje los orines debe ser de sección poco profunda y paredes de suave pendiente, para que no haya peligro de que se lastime el ganado.

1670. GALLINEROS.—Las aves de corral temen lo mismo el frío que el demasiado calor: el primero las entorpece y el segundo las debilita. Por eso en países fríos se buscan para gallineros los sitios abrigados entre las cuadras ó junto á los hornos, y en todas partes se disponen, á ser posible, una ventana al Levante y otra al Mediodía con una abertura al Norte para que entre el fresco en el verano y que pueda cerrarse en el invierno, guarneciendo todas ellas de alambrera para que no puedan penetrar las aves de rapiña durante la noche. En la puerta se deja generalmente una abertura de 14

á 20 $^{c}/_{m}$ para la entrada y salida de las gallinas, la cual se cierra con una trampa de corredera vertical ú horizontal situándola en la parte baja de dicha puerta. También se deja la entrada en la pared á un metro próximamente del piso, en cuyo caso se establece una escalerilla para la fácil subida.

Las paredes de un gallinero tienen por lo general 2m50 de altura, debiendo ser lisas, enlucidas y blanqueadas para que no aniden los insectos: en su parte inferior se construyen de buena fábrica, tanto para evitar las humedades del terreno como para que las gallinas no socaven la pared. El piso debe estar, cuando menos, empedrado á fin de que pueda conservarse limpio y seco, porque los malos olores y la humedad perjudican á las aves de corral. Los dormideros, ó sean los listones donde descansan, deben ser delgados y fáciles de quitar para limpiarlos: se disponen en escalonado aunque es mejor que estén todos á un mismo nivel y separados de 25 á 40 $^{c}/_{m}$ para evitar que las gallinas más osadas riñan con las otras y las ensucien: se ponen á más de un metro de altura sobre el piso, ó cerca del techo á fin de que se pueda pasar por debajo, colocando en este caso escalerillas para que puedan trepar por ellas las gallinas. Los ponederos ó nidales se hacen junto al suelo, en sitio obscuro, dándoles de 30 á 35 $^{c}/_{m}$ de ancho y largo por 20 de altura en sus costados y testero, pues por el frente no deben tener más que un borde para que no se caiga la paja que sirve de cama: los destinados á la incubación ó cría de pollos se hacen más anchos y aplastados y todos deben estar dispuestos de modo que no reciban humedad del piso.

El corral donde se ha de construir el gallinero conviene que tenga su suelo de grava y en él se disponen los comederos y bebederos, que deben ser de piedra ó de barro cocido para que no se corrompa el agua, y estar cubiertos, aunque con aberturas laterales, á fin de que puedan entrar por ella la cabeza y les sea imposible ensuciar el agua.

Como accesorios, debe tener una pequeña zanja ó unos hoyos con arena y ceniza, para que se sacudan las gallinas, y otra con estiercol de cuadra para que escarben y se entretengan, un cobertizo para que se resguarden de la lluvia y del aire solano y un montón de leña ó ramaje donde puedan ocultarse ó refugiarse de las aves de rapiña.

1671. PALOMARES.—Los lugares elevados y tranquilos, de bella vista y mucho sol, gustan á las palomas y más si se descubre el agua desde ellos; de modo que el palomar debe estar aislado y blanqueado por dentro y fuera, con una cornisa saliente todo alrededor debajo de la entrada ó con varias losas ó tablas salientes á donde las ratas no puedan trepar; por lo cual pueden ser de hoja de lata ó de azulejos: en ellas reposan las palomas cuando vuelven del campo. El piso interior del palomar se enladrilla bien tomando las juntas con mortero de cal mezclado con vidrio molido para que las ratas no puedan roerlo, y los nidales, que pueden ser cajones formados con ladrillos de canto, se disponen en las paredes de modo que estén bien ventilados y sean fáciles de limpiar.

1672. CONEJERAS.—La exposición más conveniente para la cría de conejos parece ser la de Levante con buena ventilación, dejando en las paredes que cercan el corral algunos agujeros junto al suelo para el paso del aire, pero defendidos con rejillas que impidan el paso de animales extraños. La madriguera exige 1 metro cuadrado para las hembras y la mitad para los machos y aunque lo común es darles la forma de cuevas, se aconseja hacerlas con tabiques de 40 $^{c}/_{m}$ de altura que encierren un espacio de 44 por 25 de longitud y anchura, cubriéndolas con un tejadillo.

En su construcción debe tenerse presente que este animal socava fácilmente el terreno y es preciso, por lo tanto, que no pueda atravesar los cimientos de las paredes junto á las que se establecen. Se puede formar una madriguera artificial cavando el terreno hasta una profundidad de 1m80 á 2m y después formarla con alambrado de hierro galvanizado que se terraplena hasta igualar con el terreno.

El piso se hace de empedrado, tomando las juntas con mortero para que no se detengan los orines ni la lluvia y salgan pronto del corral. Se aconseja también hacer el solado con una capa de arena de medio metro de espesor.

1673. APRISCOS.—El ganado lanar soporta bien el frío pero no la humedad, sufriendo mucho en tiempos lluviosos cuando se quedan al raso. Los corrales donde se albergan tienen, pues, un cobertizo que debe estar expuesto al Sur en climas fríos con ventanas al Norte.

El piso se hace en pendiente é impermeable, de tierra bien apisonada ó de hormigón, y las puertas deben abrir hacia fuera ó en forma de corredera, haciéndolas anchas de 1m30 á 1m60 para que el ganado pueda entrar y salir con facilidad, pues tiene

costumbre de hacerlo precipitadamente y atropellándose mútuamente. Por esto, se ha ideado levantar medio metro el umbral, haciendo dos rampas, de modo que solo puedan pasar dos cabezas y que la interior sea movible de madera.

1674. POCILGAS.—La situación de estas construcciones, llamadas también *porquerizas*, *gorrineras* y *zahurdas*, debe ser aislada, porque las chinches que abundan en ellas en climas cálidos son muy de temer para las personas y para los cochinos, tanto que al cabo de algunos años se abandonan dichos locales, pues ni el fuego consigue descastarlos.

En la construcción de pocilgas debe tenerse presente que los puercos hozan mucho y hay que preparar el solado de modo que no puedan levantarlo, ya haciéndolo de losas, cuyas juntas estén bien tomadas, ya de sardinel de ladrillo sobre una capa de mezcla ú hormigón para que resulte impermeable, dándole además una pendiente de 1 por 12 á fin de que escurran bien los orines. Los comederos y bebederos serán también de sólida construcción y tendrán una cabida de 12 litros por cabeza, haciéndolos independientes para cada puerco.

1675. GRANEROS.—Los granos se alteran lo mismo con la humedad que con el calor excesivo: la primera, cría la palomilla en la cebada y hace germinar el grano comunicándole el olor y gusto de moho, y el segundo, favorece también la multiplicación de los insectos destructores. El grano no debe tampoco almacenarse sobre las caballerizas y establos, porque el olor que exhalan los animales con el aliento y el sudor, impiden su buena conservación. Se apila por capas de 50 á 70 $^{c}/_{m}$ de altura, es decir, 5 hectólitros por metro cuadrado de piso. Para que el granero esté bien ventilado, las ventanas conviene exponerlas al Norte, que es el que proporciona la temperatura más fresca y seca y no da paso á los rayos solares. Se hacen las ventanas extrictamente necesarias y éstas en la parte baja de las paredes, porque la oscuridad es conveniente, debiendo resguardarse con alambreras para impedir la entrada de los pájaros.

La techumbre mejor para los graneros, es la que los ponga á cubierto de las variaciones atmosféricas y sobre todo que impida la elevación de la temperatura, conviniendo que tenga aleros salientes para que defiendan las paredes.

El solado se procura que no tenga humedad, haciéndolo de hormigón hidráulico cuando el terreno es húmedo, aunque en este caso el mejor procedimiento consiste en dejar una capa de aire intermedia entre el terreno y el solado, sentando éste sobre ladrillos puestos de canto formando calles, las cuales si es posible, deben tener comunicación con el aire exterior á través de las paredes, por medio de cantimploras ó sean caños ó tubos, por los cuales además puedan entrar los gatos á perseguir y destruir los ratones. Para formar el piso, se aconseja por algunos una tortada de barro amasada con alpechín y esparto que evita que aniden la hormiga y el gorgojo: en todo caso, conviene defender las paredes en su encuentro con el piso con una fila de ladrillos de canto, como la zabaleta *B* de las azoteas *(fig. 1452)*, pues por esta parte es por donde hacen los agujeros los ratones. Cuando el piso se establece sobre maderos de suelo, la solería mejor es la de tablas de sauce, que impide aniden las ratas y que ahuyenta los insectos. En caso de tener el granero más de un piso, las trampas de comunicación se disponen de modo que no se correspondan y que pueda establecerse una ventilación de abajo arriba hasta la cubierta.

1676. PAJARES Y HENILES.—Estos lugares, donde se guarda la paja ó la hierba para el ganado, no deben recibir los vapores de las cuadras porque dan mal gusto, y ha de procurarse además que el aire circule con facilidad y abundancia, pues la falta de ventilación impide la perfecta y completa desecación del heno, conservando entonces una humedad constante que le hace perder su color y su fragancia. La construcción, pues, de estas dependencias debe ser ligera, haciendo que sus paredes tengan los mayores huecos posibles, guarneciéndolas de enrejados como persianas, que les defiendan al mismo tiempo de la acción de las lluvias, especialmente por el lado que ésta es más frecuente.

ARTÍCULO VIII

De algunas construcciones ligeras de madera y hierro

1677. RECORTE Y CALADO DE LAS TABLAS Y PALASTROS.—En las obras que vamos á describir juega un papel muy importante para la decoración la tabla ó el palastro recortados según contornos graciosos ó calados con sujeción á dibujos determinados como ha podido observarse en

esta obra, especialmente al tratar de antepechos de balcón y escalera, así como de los cuchillos de palastro y de contorno curvo para cubiertas.

El recorte y calado resulta monótono en grandes superficies planas, y para evitarlo se hacen grabados en la madera y estampados en el hierro, contorneando muchas veces algunas líneas con listoncillos ó hierros sencillos ó moldurados.

1678. La naturaleza de la madera exige ciertas precauciones cuando se ha de calar, según se indicó al tratar de los antepechos de balcón (683). El contorneado y calado se debe disponer de modo que la madera no se raje ni alabee, estudiando para ello no solo la formación y defectos de cada clase, sino el clima de la localidad donde se emplea, teniendo en cuenta que es resistente en el sentido lateral de las fibras y se raja paralelamente cuando se reduce á poco espesor. El dibujo debe ser sobrio, cuidando de que no resulten algunas partes desprendidas ó desunidas completamente del conjunto, interrumpiendo para ello el contorno del calado, según se observa en la *fig. 1917*. En algunos casos, cuando el dibujo sea complicado, habrá que componer el tablero de varias piezas ensamblándolas como la *ad*, de modo que las fibras estén en el sentido más resistente para evitar que se raje la tabla, lo que sucedería en el caso de la figura si las fibras estuvieran en la dirección *cc*, que es la que tienen en la parte restante de la cartela. En una crestería ó festón *(fig. 1918)* se recortan y calan separadamente las piezas y se fijan después en una traviesa *at* ó en una pieza longitudinal de las que componen la obra.

En localidades donde las variaciones atmosféricas son muy sensibles, y especialmente donde se pasan muchos meses sin llover y los calores son excesivos, debe estudiarse con detenimiento y emplearse con mucha parsimonia el calado y contorneado de la madera, porque ésta se alabea y raja muy fácilmente, resultando de mal efecto lo que en otros climas húmedos y fríos es un gran ornamento.

En Suiza este trabajo es más perfilado que calado porque las maderas empleadas son gruesas y el calado no conviene más que en las de poco espesor, por cuya causa dicho calado es sobrio y penetra poco, no debilitando de este modo la pieza: si alguna vez, por consecuencia de un dibujo complicado, la madera se encuentra en malas condiciones, entonces se ensamblan muchas piezas para que las fibras se encuentren en el sentido deseado y de manera que respondan á las exigencias del dibujo.

El calado se hace en Rusia fijándose especialmente en el sentido de las fibras de la madera, y el carpintero trabaja con la sierra y el cincel animando con éste las superficies planas por medio de grabados que acompañan á los huecos y que hacen destacar con varios colores, rojo, azul, verde ó amarillo.

1679. En el recorte y calado de los palastros pueden hacerse los dibujos más delicados preocupándose solo de no quitarles resistencia y de que no resulten desunidas algunas partes. El dibujo, de todos modos, no puede ser seguido en sus caracoleos sino que se debe interrumpir en algunos puntos para que no queden endebles, pues que cualquier choque los estropearía. La *fig. 1919* representa el pabellón de una ventana ó balcón donde se resguardan las persianas cuando están recogidas, y la *fig. 1920* el ejemplo de otro pabellón también para persiana, el cual llena el sector del arco ocultando aquélla. Se emplea en algunas ocasiones en vez de la reja que ordinariamente se pone en las puertas exteriores de medio punto, presentando una gran seguridad si se fija al cerco curvo con remaches y se refuerza con una barra á la altura de la traviesa ó cabezal *dd* de la puerta.

1680. INVERNÁCULOS. — Cuando solo se trata de defender ciertas plantas de la impresión del frío, basta construir un recinto formado de paredes que le abriguen de todos los vientos menos del Sur y cubierto con una tapa de cristales semidobles (1522), de modo que reciba directamente los rayos solares mientras el sol se encuentra sobre el horizonte. Si han de criarse plantas tropicales hay precisión de disponer estufas que eleven la temperatura lo mismo de día que de noche.

La parte de los invernáculos que aquí nos toca estudiar aunque brevemente, son construcciones ligeras formadas de nervios apenas visibles, capaces de gran resistencia con secciones muy reducidas para permitir el paso á la mayor cantidad posible de luz y presentar al mismo tiempo un aspecto elegante, pues su objeto al ofrecer plantas ó flores raras y exóticas de climas cálidos, no es más que recrear la vista y satisfacer las exigencias del lujo. Por esto deben armonizar con el conjunto del edificio á que se unen ó del que son anexos, y dejar percibir las líneas de su arquitectura en el primer caso, lo cual hace hoy posible la fabricación

de los pequeños hierros que proporcionan las modernas herrerías.

1681. Estas construcciones, cuando están unidas al edificio, se adosan á las habitaciones, constituyendo galerías cerradas por cristales y con cubierta también transparente; si se establecen aparte, se adopta la forma abovedada *(fig. 1921)* con nervios ó arcos de hierros ⊥ para recibir los cristales, ó se adaptan á la de una cubierta quebrantada *(fig. 1922)* ú otra análoga. Cualquiera que sea la forma que afecten, deben tener en la cumbre un ligero andén con barandilla, como en la *fig. 1921*, para tender ó recojer las esteras ó cañizos que dan la sombra cuando ésta es necesaria en el interior, los cuales se arrollan, si no, por medio de cuerdas.

Las puertas de entrada se sitúan en sitio abrigado, haciéndose de vidriera, menos en los tableros inferiores que son de palastro, para jugar con el zócalo ó basa de fábrica donde descansan los sustentáculos y las vidrieras que forman las paredes exteriores del invernáculo. Si éste se adosa á una habitación, se aisla de ella por un tabique vidriera.

Los invernáculos que son construcciones anexas ó aisladas, se consideran como motivos arquitectónicos decorativos del conjunto, de que es un ejemplo la *fig. 1923* y su detalle *fig. 1924* que representa una de las pilastras de hierro fundido que sostienen la cubierta acristalada y sirven de apoyo á vigas de $0^m 60$ de altura enlazadas por otras. La hilera, así como las limas tesas, son hierros I que reciben las correas, de hierros angulares, sobre las que se fijan los de sección T que han de llevar los cristales.

Los arriates que circundan las paredes para hacer las plantaciones, se forman con tableros de tierra cocida, que es el mejor material para este objeto, pudiendo variar en dibujos y dimensiones *(figura 1925)*. Colocados estos tableros, se extenderá en el interior una capa de cemento sobre hormigón, con pendiente hacia una reguera hecha en el suelo. Si el invernáculo está sobre un piso alto, el lecho anterior debe cubrirse con hojas de plomo ó de cinc y colocar sobre él cajones de cinc de $1^m 50$ lo más en toda la longitud del arriate, de manera que queden unos independientes de otros, para que en el caso de ocurrir alguna filtración, pueda buscarse su origen. Los cajones estarán agujereados en su fondo para escurrir el agua sobrante del riego, y el cinc solapará el borde superior de los tableros de barro y subirá por el lado de la pared unos 10 centímetros más que el arriate. Las paredes contiguas de dos cajones, se cubren con una banda de cinc que las enlaza y que queda oculta por la tierra del arriate que la ha de cubrir.

1682. Los tubos del caldeamiento, así como los de entrada del agua para el riego y las salidas de la sobrante, se dispondrán convenientemente según las indicaciones del jardinero. Los de entrada de agua se defenderán de las heladas si á ella están expuestos, envolviéndolos en otro tubo lleno de serrín ú otra materia poco conductora del calórico.

La ventilación de estos lugares se efectúa disponiendo en los sitios convenientes unos bastidores de cristales que abran hacia fuera girando sobre su cabezal superior, como se observa en las figuras anteriores, á cuyos bastidores ó vidrieras se les da de anchura la distancia que hay entre los arcos ó formaletas, abriéndose las más bajas á mano y las más altas por medio de cuerdas y poleas. Deben cerrar herméticamente en el invierno.

1683. PABELLONES DE JARDÍN Y OTROS USOS. — Estos edificios aislados que se construyen en parques, jardines ú otros sitios para abrigo de personas en ciertas circunstancias, como aguaceros, descanso provisional de guardas y depósito de ciertos objetos y para mil destinos diversos, son casi siempre de forma cuadrada, cerrados por paredes hasta la cubierta unas veces y otras hasta cierta altura, según se necesite más ó menos abrigo ó ventilación.

Aunque se construyen de fábrica de ladrillo ó mampostería, revistiéndose en parte con alicatados de azulejos ó tierra esmaltada, se forran muchas veces de tabla y se adornan con el entramado de las paredes ó con otro aparente como representa la *fig. 1926*. Las paredes tienen sobre el cimiento una basa, como se ve en la sección *ab* detallada en la *fig. 1927*, de fábrica de ladrillo *B* que preserva de la humedad del terreno á la solera de madera *S* en la que ensamblan los postes de ángulo y los de lección de puerta, los cuales se enlazan por medio de la cadena *D* á la altura del pecho y por la carrera *C* donde asientan los maderos de techo *M*, cuyo principal objeto es trabar y encadenar las paredes y presentar con la contracarrera *A* una base resistente á la cubierta y á los embates del viento, que en estos edificios azota con fuerza, ya por estar aislados, ya por presentar gran superficie á su acción con los aleros salientes. Las paredes, como se indica en la sección, están construidas de fábri-

ca de ladrillo revestido con tabla en su parte inferior y con las aspas de San Andrés postizas, que aparecen á derecha é izquierda de la puerta en la *fig. 1926*. La entrada está defendida por dos barandas *cd*, cuyo pilarote avanzado *d* se presenta de frente en *dr (fig. 1928)*, así como el revestido de madera. Los adornos de la cubierta, hechos de tabla recortada, aparecen detallados en (A) y (B) á la izquierda de la *fig. 1626*.

1684. CENADORES Ó MERENDEROS DE JARDÍN.—Son unos espacios redondos ó poligonales como el pabellón de la *fig. 1068* y cubiertos con un enrejado por donde puedan trepar ó apoyarse las plantas que lo han de revestir, excepto en cuatro de sus lados opuestos que son abiertos para darles entrada.

La construcción de estos abrigos es bien sencilla: se fijan sólidamente en el terreno unas basas de piedra donde descansan los postes que han de formar los ángulos del recinto y se unen sus cabezas por una cintura poligonal de carreras que impida la separación, á cuyo fin debe ponerse un gran esmero en el ensamble de los lados que la constituyen, pues de ello depende la invariabilidad de los ángulos del perímetro y de que se contrarresten los empujes de los cabrios de lima tesa, que son los que constituyen únicamente los nervios de la cubierta piramidal. Sobre estos cabrios se asienta y fija el enrejado que forma la techumbre, cuyo enrejado es también el que enlaza los postes para que en él se apoyen las plantas trepadoras ó las que han de cubrir el merendero.

Estas construcciones son sumamente ligeras porque no tienen que sostener más que el peso de las plantas que los ocultan con su ramaje. Si los postes y limas tesas son de madera, el enrejado se forma unas veces de listones más ó menos separados formando perímetros horizontales y otras de alambrado. Éste es el que por lo regular cierra los cenadores construidos de hierro, en cuyo caso los postes y limas tesas son de sección cuadrada ó de T sencilla, pudiendo enlazarse en la cumbre de la manera detallada en la *fig. 1303 ó 1304*.

1685. KIOSCOS ABIERTOS.—Son como los cenadores, de planta regular, cuya techumbre descansa sobre columnas, sin otro abrigo ó diferencia de los kioscos cerrados, los cuales son una especie de garitas, de que se hablará por separado por ser muy distinto su aspecto, condiciones y construcción. Los kioscos abiertos están generalmente elevados, pues su objeto es recrear la vista, tomar el fresco, servir de templete á una música ú otro destino análogo. Están defendidos de la lluvia y el sol por una cubierta y cercados por una barandilla de columna á columna, excepto del lado que sirve de entrada, para la cual tienen una escalinata. Tal es el representado en la *fig. 1305*, que, como destinado á una música, tiene dispuesto su techo como tornavoz para que rebata por reflexión los sonidos hacia el suelo inmediato reforzándolos. Se obtiene esto por un doble techo en forma de cono aplanado y por un suelo de tabla, habiéndose suprimido los tirantes, pendolones y el enrayado para no interceptar los sonidos. El ángulo del cono está trazado de manera que los sonidos emitidos á 1m60 del piso, salgan lo más posible del recinto sin resonancias ó ecos.

En los kioscos, las columnas son casi siempre tubos bajantes, y por lo tanto, los sillares donde descansan están taladrados en figura de codo para dar salida á las aguas pluviales, como se indica en *G*, *G* y detalla la *fig. 1929*. En este codo se introduce un tubo curvo de hierro ó codillo *ab* que se acompaña con cemento, así como el embudo *a*, el cual recoje las aguas de la columna para que viertan en el codo. La gárgola ó figurón por cuya boca sale el agua al exterior, se fija con azufre ó plomo en la abertura de salida de la fábrica, haciendo que la soldadura agarre también al codo para que no haya solución de continuidad desde la columna á la gárgola y se eviten las filtraciones que algunas veces es necesario atajar si, como casi siempre sucede, hay un sótano debajo del kiosco.

Las columnas se mantienen estables por medio de una larga espiga ó espigón, hueco como aquéllas para el paso del agua, el cual entra en cajas abiertas en los sillares del basamento, sin emplear plomo, azufre ni cemento para que tengan juego cuando el conjunto se dilata ó contrae con los cambios atmosféricos. Las columnas se enlazan por sus capiteles con la carrera poligonal ó cintura que recibe la cubierta.

En la *fig. 1930* se presenta un kiosco de estilo chino, donde la cubierta está sostenida por seis arcos rebajados de hierro T que apoyan en otras tantas columnas formando un exágono.

1686. GARITAS.—Las casillas para los centinelas ú otros vigilantes se parecen á una linterna *(fig. 1931)*, y tienen el espacio necesario para estar de pie ó sentado un hombre, con ventanillas *V*

á la altura conveniente, las cuales se cierran con una tablilla *T* de corredera. Su piso, que es de tabla, se eleva y aisla del suelo, y el bastidor *bd* sobre que insiste puede llevar cuatro ruedecillas cuando la garita ha de ser movible. La cubierta se dispone de manera que vierta fácilmente las aguas.

Las garitas de los porteros ó porterías son más espaciosas que las anteriores, pues en muchos edificios tienen cama y sillas con una mesa que se dispone en la misma ventanilla, cuyo objeto es observar quién entra y sale. Es una obra de carpintería, como la de las puertas apaineladas, con que se cierra el espacio y que está cubierto ó no.

1687. KIOSCOS CERRADOS.—En esta categoría de construcciones entran los kioscos para la venta de ciertos objetos en las calles y plazuelas. Son de reducidas dimensiones, de planta circular ó poligonal y cerrados por todos lados, teniendo en uno de ellos la puerta de entrada y en los otros las ventanillas para la venta. El de la *fig. 1932* es octogonal formado por ocho montantes verticales *M, M,* sobre una solera continua *ss,* cuyos montantes se unen por sus cabezas mediante una cintura poligonal, en la que ensambla el alero ó cornisa apeada por ocho ménsulas y apoya la cubierta piramidal en el caso de la figura. Las ménsulas, como se detalla en (X), aparecen apoyadas en columnas *C* voladas sobre repisas *R,* que se fijan en los montantes por medio de pernos *pn,* detalle (Z), donde se indica, además del montante *M,* la disposición de la puerta *P* y el ensamble en él (á ranura y lengüeta dobles) de los marcos laterales *L* que forman las paredes del kiosco.

Los lados del kiosco, así como la puerta, son de vidriera, con objeto de que sean muestrario de lo que se vende, haciéndose giratorios de báscula los tableros superiores *B* para que pueda ventilarse el interior.

La cubierta de los kioscos se hace de tabla revestida de cinc ó hierro galvanizado, dejando algunas veces un espacio entre ella y el techo artesonado, que se dispone entonces por bajo de aquélla. Las aguas pluviales vierten fuera por gárgolas *G,* detalle (X), ó mejor por tubos bajantes dispuestos interiormente en los rincones y que tienen su desagüe por debajo del entarimado del piso.

Los ángulos ó las esquinas del kiosco, pueden disponerse cuando hayan de presentar mucha resistencia, como indica la *fig. 1933,* la cual en sección horizontal demuestra la manera de fijar sólidamente las columnas *C* y pilastras *P* que hacen de contrafuertes con los montantes *M, M.* Esta unión se hace con un hierro angular *aga* que abraza las piezas *P* y *M, M,* sujetándolas por medio de unas placas y tuercas adornadas y un gancho *cg* que recibe en su ojo el codo de dicho hierro *aga* como demuestra el detalle (A), cuyo gancho sirve para apretar las tres piezas entre sí dando vueltas á la tuerca *c.*

1688. CAJONES Ó PUESTOS PARA VENTA.—Aunque para la venta de víveres se construyen hoy, por lo común, edificios adecuados cuyo estudio no comprende este TRATADO, debemos sin embargo hacer algunas prevenciones sobre la construcción de puestos aislados ó reunidos, que, sin formar el recinto de un mercado, se necesitan establecer en algunas ocasiones, ya sea de una manera provisional, como en las ferias, ya de un modo definitivo en poblaciones reducidas.

La clase de artículos que han de expenderse en los cajones ó puestos, hace variar las condiciones especiales que deben reunir. Unos exigen más ventilación ó frescura que otros, pues el calor les perjudica ó no les ataca: éstos necesitan una gran limpieza y un lavado continuo, mientras los hay que solo piden un simple barrido, más bien por lo que se desprende del tráfico público que por lo que ellos sueltan. Por lo tanto, su construcción debe subordinarse á estas necesidades, dotándola de los medios adecuados, y en todos casos debe ser sencilla, de superficies lisas donde no pueda depositarse el polvo, fácil de lavarse y con salida pronta para las aguas, tanto lluviosas como del lavado.

1689. Son por lo general de madera (*figura 1934*) y de planta rectangular para poderse juntar unos á otros. Están cerrados por detrás y por los costados con tabiques de madera, así como lo está en la parte inferior delantera con el mostrador *mr, m'r',* y en la superior con una puerta de tabaquera *pt, p't',* que tiene su giro por el cabezal superior *t, t't'* para que estando abierta sirva de cobertizo y resguarde del sol y de la lluvia á los compradores. Por dentro, tienen las paredes anaqueles, colgaderos ó ganchos, según sea la clase de artículos que han de exponerse á la venta, dejando la parte superior de los costados y frente, de celosía ó alambrera, como se indica en la figura, para que haya corrientes de aire que renueven el del interior y eviten la concentración del calor que corrompe ó descompone las sustancias vegetales y

animales. La cubierta de tabla se reviste de telas impermeables ó de cinc, dando á éste la libertad necesaria para su dilatación.

Haciéndose de hierro, hay que tener presente el peso de éste para aligerar la puerta ventana, con objeto de que pueda manejarse fácilmente ó disponerla con su eje de giro vertical, como las ventanas ordinarias. El revestido de la cubierta, que se hace de cinc ó de hierro acanalado ú ondulado, debe aislarse del interior del puesto por un techo de madera que no deje pasar el calor, especialmente en climas meridionales, donde sería asfixiante la temperatura sin esta precaución.

Estas obras, ya se hagan de madera ó de hierro, se establecen sobre un citarón de ladrillo como los entramados verticales (711) ó sobre macizos de fábrica fundados en sus cuatro ángulos, con objeto de librarlas de la humedad del suelo y de asegurar en ellos los montantes que han de formar las esquinas, para que el viento ú otras causas no puedan moverlos.

Si el cajón ha de estar aislado, se procura que el agua de lluvia no pueda penetrar por las celosías ó alambreras de ventilación, dando al efecto el saliente necesario á la cubierta y tomando esta precaución solamente en los de los extremos ó exteriores, cuando son varios los cajones. También, si la obra se hace de hierro, debe procurarse que el sol, al dar en las paredes de palastro, no pueda transmitir su calor al interior, revistiendo éste con tabla algo separada de aquél.

1690. AGUADUCHOS.—Los puestos destinados á la venta de agua y refrescos, constan de una especie de armario *ams, a'm's' (fig. 1935)* destinado á guardar las vasijas con el agua y los refrescos, y de una mesa ó mostrador delante *ms, m''s''* para el despacho. El primero se compone de dos cuerpos: el inferior *sm, s'm'* con una puerta de dos hojas en el frente, y el superior *am, a'm'* con cuatro, una en cada lado. Las de los frentes se abren del mismo modo que las de los cajones ó puestos, disponiendo el giro por su cabezal superior, de manera que puedan mantenerse más ó menos abiertas, según da el sol por uno ú otro lado. Las de los costados se abren y cierran de la manera común de las puertas. Este cuerpo está coronado por una cubierta de alero saliente *bcb, b'c'* que le sirve de adorno y cuyo detalle aparece en la *fig. 1936*.

Se construyen de madera porque ésta no deja pasar el calor y solo se emplea el cinc para forro de la cubierta y del mostrador. Se procura que ajusten bien los ensamblajes y que esté bien segura la cubierta para que los vientos no las desarmen ó aflojen las uniones; y para evitar todo movimiento se fijan en el suelo, lo mismo el armario que la mesa, enterrando los cuatro montantes que forman su armazón en un cimiento ó macizo de fábrica, el cual puede aprovecharse para formar un pequeño sótano donde conservar fresca el agua.

Si el alcantarillado de la población está inmediato, se dispone un desagüe al mismo, por más que siendo poco sucia el agua procedente del lavado de los vasos, copas y platos, se emplea por lo general en regar ó rociar con ella el terreno de alrededor para evitar el polvo.

1691. CONSTRUCCIONES RÚSTICAS.—Esta clase de obras, cuya apariencia parece recordarnos las primeras edades, se sujeta sin embargo á las reglas de una construcción esmerada, para que tenga las condiciones que exige la vida actual, aunque no puedan reunir las comodidades del gabinete de un edificio.

La madera que en ellas se emplea, aunque redonda y con corteza en ciertos casos, se ensambla y asegura con los herrajes convenientes, los cuales se disimulan en lo posible. El revestido de paredes y cubiertas se acomoda á lo que se ha dicho en su lugar (1292).

1692. ROCAS ARTIFICIALES.—Se imitan las sinuosidades y asperezas de las rocas naturales en grutas, cascadas y demás construcciones de jardines, mediante la fuerza de adherencia del cemento. Esto exige, sin embargo, una mano ejercitada y cierto gusto artístico para imitar la naturaleza.

Hecho el núcleo con fábrica de mampostería, se consigue la apariencia de roca por la aplicación sucesiva de mortero de cemento y la introducción en éste de trozos de piedra ó ladrillo del tamaño de un puño, recubriéndolo todo con cemento ó dejando las piedras al descubierto. Éstas se ponen en algunos casos al fuego para darles un color más vivo que el natural.

Los pequeños grupos de rocas se preparan con un hormigón compuesto de trozos de teja, ladrillo, piedra caliza ó arenisca y mortero de una parte de cemento y dos á tres de arena limpia y angulosa: después que con esta masa se ha dado la forma á las piedras, se las recubre con cemento puro.

Las construcciones de un tamaño notable se hacen huecas por el interior formándose con fábrica

de ladrillo, mampostería, etc., y también con hormigón compuesto de trozos de ladrillo, teja, escorias y mortero de cemento con una ó dos partes de arena.

Atendida la gran fuerza de trabazón del cemento pueden, sin peligro, dejarse piedras salientes de 0^m60 á 1^m20, con tal que sobre ellas no cargue más que su propio peso. Para esto, se eligen piedras porosas como la pómez, la toba y las escorias. Conviene en este caso emplear un ligero sosten durante la ejecución. Se hacen también estos cuerpos salientes aplicando sucesivamente y empotrando en mortero compuesto de una parte de cemento y una ó dos de arena, pequeños trozos de piedra del tamaño de una nuez ó de un huevo.

Para partes de mayor vuelo de 1^m20, son necesarios medios auxiliares de hierro que constituyan el esqueleto y ayuden á sostener el macizo.

En el revoque exterior se puede emplear una mezcla de cemento y limaduras finas de hierro, que oxidándose producen en las superficies de las rocas un color tal que parecen recubiertas de filamentos y musgo.

En las incrustaciones del interior de las grutas se emplean vidrios de colores, escoria, toba, estalactitas y conchas nacaradas.

ARTÍCULO IX

Instalaciones eléctricas, acústicas y de gas.

1693. PARARRAYOS.—Sabido es que el pararrayos preserva los edificios de los efectos del rayo y suministra á una nube tempestuosa cargas de electricidad contraria á la que posee, que es positiva, neutralizándose de este modo, ó mejor dicho, previniendo los efectos del rayo. Franklín descubrió la manera de lanzar á las nubes esas cargas eléctricas colocando en la parte más alta de un edificio una barra metálica acabada en punta por el extremo superior, y que por el inferior se comunique con la tierra, que es el depósito de electricidad negativa, por medio de cadenas, alambres ó cualquier otro conductor metálico. De este modo, cuando por el desequilibrio eléctrico entre la barra y la nube se produce la descarga, el rayo sigue el camino que le trazan la barra y el conductor hasta la tierra.

Este descubrimiento ha sufrido, desde que Franklín lo aplicó por primera vez en Filadelfia (Estados Unidos), en 1760, importantes modificaciones, pero constando siempre de tres partes esenciales *(fig. 1937)*: la *barra* ó *aguja ab* terminada en punta que se coloca verticalmente en las partes más altas del edificio; el *conductor bcd*, que es el cable que conduce la electricidad entre la tierra y las nubes, y el *pierde fluídos p* que es una plancha sumergida en un pozo de agua clara.

1694. El límite de protección que la barra de un pararrayos ofrece es muy discutido, admitiéndose sin embargo generalmente, que su influencia preservadora solo se extiende á los cuerpos situados dentro de un cono cuya base tenga un radio doble de la altura de dicha barra; cuando una sola no es bastante y se disponen varias, se separan menos de cuatro veces su altura y se sitúan las de los extremos á vez y media, siendo preferible poner mayor número que aumentar su altura, que no debe pasar de 7 metros y especialmente si hay grandes masas metálicas en el edificio, además de que resulta de mucho peso y con los embates del viento conmueve la armadura de la cubierta.

La terminación *nt* de la barra *(fig. 1938)* se hace cilíndrica ó cónica *(figs. 1939* y *1940)*, y se construye generalmente de cobre dorado á fuego con el extremo superior de platino *(a)*, dándole de 25 á 60 centímetros de longitud y un grueso de 2. Esta parte, llamada *punta*, entra á rosca en la barra que es de hierro, la cual, aunque redonda en la parte superior, es de sección cuadrada en el resto, aumentando su escuadría hasta tener 4 á 5 centímetros de lado en la base. Hoy se terminan en varias puntas por haber demostrado la experiencia que son más eficaces que los de una sola y se denominan *de puntas múltiples*, construyéndose con una principal en medio como la descrita y tres ó seis que abren alrededor *(fig. 1941)* y también en forma de tulipán *(fig. 1942)*. Con el fin de hacer más ligera la barra se hacen tubulares de dos ó más trozos que enchufan de 30 á 35 centí-

---

(a) El platino es un metal tan blanco como la plata, muy ductil y maleable: es de fractura ganchuda, se ablanda al rojo y se suelda consigo mismo, fundiéndose solo á elevadísima temperatura y por focos muy enérgicos como la llama de la luz oxhídrica. Se disuelve bien en el agua régia y también en el ácido sufúrico, aunque en pequeñas cantidades, y el aire no ejerce acción ninguna sobre él.

metros unos en otros y se sujetan además con pasadores, dándoles un diámetro de 4 á 5 centímetros en la base y de 3 en la parte superior.

La barra se coloca en la cumbre de la cubierta asegurándola en su posición por medio de un caballete de hierro *bcb (fig. 1938)*: el cable se une con la barra empleando una argolla *aa* formada de dos tiras de hierro *(fig. 1943)* que por medio de pernetes se aprietan una contra otra y hacen mayor el contacto con la barra que pasa por el hueco *B* y con el cable que se sujeta en *C*. Cuando la barra es tubular, el cable entra por el interior hasta unirse á la punta. Para que el contacto sea completo y duradero, se suelda el cable con las argollas y también con la punta si sube hasta ella. El pie de la barra en su unión con la cubierta debe resguardarse dándole la forma de un sombrero como se detalla en la *fig. 1944*, con objeto de que no puedan penetrar las aguas pluviales en la armadura de la cubierta.

Los pies de las barras ó agujas, cuando son más de una en un edificio, se ponen en comunicación entre sí y con todas las piezas metálicas de la cubierta por medio de ramales de hierro formando lo que se llama circuito de cumbres. Si la unión se verifica empleando barras, es preciso que las barretas que han de servir para empalmarlas tengan una forma curva á fin de que puedan abrirse ó cerrarse al contraerse ó dilatarse las barras, sin que este movimiento cause desarreglos.

1695. Aunque los *conductores* se han formado de barras de hierro que se remachaban en sus empalmes soldándose además para que la corriente no encontrase dificultades, hoy se adopta con preferencia el alambre porque tiene la ventaja de no necesitar empalmes y por lo tanto no tiene soluciones de continuidad que pudieran interrumpir la corriente eléctrica.

Se pueden disponer dos hilos por cada aguja empleando tres cuando hay de dos á seis de aquéllas, y si las agujas son en número de seis á nueve se establecen cuatro hilos aumentando un hilo más por cada tres agujas de exceso. Generalmente, sin embargo, se emplean cables de hierro de 13 á 15 milímetros de diámetro, compuestos de 36 alambres en seis cordones. Si los alambres son de cobre, el cable solo tiene de 11 á 13 $^{m}/_{m}$ de grueso.

1696. El conductor se adapta al contorno de la cubierta y de las fachadas por donde pueda recibir la lluvia, cuidando de aislarlo de ellas, allí donde sea preciso darle apoyos, por medio de aisladores de porcelana ó vidrio. Los soportes en la cubierta terminan en horquilla *(fig. 1945)* y los aisladores tienen la forma indicada en la *figura 1946*, dando paso al cable por su interior. Estos aisladores se hacen también partidos en dos, para los casos en que ya está tendido el cable y fijados sus extremos y hay que renovar uno de ellos. Estos aisladores distan de 2 á 3 metros unos de otros y se fijan en las paredes por medio de soportes, como el de la *fig. 1947*; éstos se pueden empotrar en la fábrica cuando ésta se levanta, fijando en ellos después, al hacer la instalación de los pararrayos, el aislador, el cual se corre fácilmente á lo largo del cable para retenerlo en la horquilla *aba* del soporte, fijándolo con la abrazadera exterior *ece* que se atornilla á los brazos de la horquilla como indica la figura. El soporte toma también la forma de la *fig. 1948*, cuando hay que clavarlo en la madera ó en la fábrica ya terminada. El cable debe tenderse flojo con objeto de que pueda obedecer fácilmente á las dilataciones y contracciones que causan en él las variaciones atmosféricas y para ocultarlo cuando puede afear la fachada, se le introduce en tuberías como las bajantes de aguas (1350), construyendo la parte inferior con tubos de barro para evitar los accidentes que pudieran ocurrir si alguna persona los tocara en el momento de pasar una descarga eléctrica.

Los conductores tienen que dirigirse muchas veces subterráneamente hasta el pozo, porque éste no puede abrirse casi nunca al pie de la bajada y en este caso, se hace en el suelo una zanja de 30 centímetros de anchura por 60, cuando menos, de profundidad, en cuyo fondo se colocan en seco ladrillos de plano, poniendo otros de canto en los lados para formar una canal, en la cual se extiende una capa de cisco de tahona ó cok triturado, de unos 3 centímetros de grueso, para que sirva de cama al cable, el cual se preserva de los efectos de la humedad por medio de una capa de brea. Se rellena después la canal con cisco y se cubre con otros ladrillos colocados como los del fondo para cerrar la canal y que la tierra con que se rellena después la zanja no se mezcle con el carbón.

Los cables conductores pueden ponerse en comunicación con las armaduras metálicas del edificio, que no estén al alcance de la mano del hombre y con las cañerías de hierro, sean de agua ó de gas, arrollando los hilos de comunicación á estas tube-

rías después de limpiarlas bien. Se cubren luego los hilos con soldadura para su mejor unión y se preservan de la humedad con una ó dos manos de pintura al óleo ó de brea.

1697. Los *pierde fluidos* se forman haciendo terminar el cable unas veces en cuatro ó más puntas, como lo indica la *fig. 1949*, y otras en una plancha de cobre fino de 40 á 80 c/m de lado y 4 milímetros de grueso. En el primer caso, el cable se une bien con soldadura á los dispersadores ó raigales, y en el segundo á la plancha, abriendo en ésta dos taladros distantes 10 c/m uno de otro y haciéndole pasar primero por el uno y después por el otro, hecho lo cual se separan los cordones del cable y se pasan por otros taladros menores, separados entre sí 5 c/m, deshaciéndose por fin para soldar á la plancha los alambres. El pierde fluidos se compone también de un cilindro de hierro galvanizado de 25 c/m de altura por unos 30 de diámetro *(fig. 1950)*, en cuyo interior se fija una plancha de cobre de tres ramales.

Cuando en las inmediaciones del edificio hay un pozo de agua permanente, se sumerje en él el pierde fluidos. Si el pozo se seca en alguna época del año ó desciende el nivel de sus aguas de modo que tenga menos de 50 c/m de profundidad, es mejor abrir uno exprofeso, cuidando de que no reciba aguas sucias de ninguna clase y de profundizar hasta encontrar terreno húmedo ó acuoso. En el fondo se echan de 20 á 25 kilogramos de carbón vegetal ó mineral, para colocar encima la plancha de cobre y se la cubre con igual cantidad de lo mismo, rellenando después el pozo con tierra. El cable que queda enterrado se retuerce en espiral de vueltas poco distantes entre sí.

El cable se sujeta en el brocal y paredes del pozo de manera que quede suspendido, con objeto de que los dispersadores ó la plancha no toquen en el fondo del pozo.

Si el terreno es seco, además del pozo se deben practicar zanjas laterales de 4 á 5 metros de longitud, terminadas en una hoya y extender en ellas un lecho de cok, sobre el cual se coloquen los ramales del conductor, que se recubrirán después de cok ó de tierra vegetal, haciendo que acudan allí las aguas de lluvia.

1698. La eficacia de los pararrayos debe comprobarse periódicamente, ya para asegurarse de que no hay solución de continuidad entre la punta y la tierra, ya para conocer si se ha oxidado el metal sumergido en los pozos, pues hay aguas que pueden corroerle. Para comprobar lo primero, hay aparatos que son una especie de electrómetros, con los que se asegura de la conductibilidad, y para reconocer el estado del hierro, no hay más medio que descubrir el pierde fluidos.

1699. ALUMBRADO ELÉCTRICO.—Los focos luminosos son de tres clases: *de incandescencia, de arco voltáico* y *bujías eléctricas*. La primera luz se produce por medio de un filamento de carbón al que se dan una ó más vueltas dentro de una pera ó ampolla de vidrio, donde se ha hecho el vacío. La luz que emiten estos filamentos es rica en radiaciones rojas y amarillas que van siendo cada vez más rojizas según pasa el tiempo, llegando á ponerse como carbón encendido cuando se funde. Conviene para las habitaciones y sitios análogos donde el alumbrado lo dan directamente las peras ó ampollas ó se amortigua con globos ó tulipanes de cristal para producir mejor efecto.

Las lámparas de arco voltáico dan una luz azulada dentro de un globo de porcelana y no realza el tocado ni la tez de las señoras, conviniendo por esto para aclarar grandes superficies al descubierto ó para locales de grande elevación.

Las bujías eléctricas son poco empleadas porque necesitando una fuerza mayor ó igualdad de intensidad, tienen una luz como la de los arcos voltaicos.

1700. Para obtener la luz eléctrica se necesita un motor que puede proporcionarse con un salto de agua, por un generador de vapor, por gas ó por petróleo, cuyo motor transmite su fuerza á las máquinas dinamo-eléctricas ó simplemente dinamos, que son los que producen la electricidad.

Los motores se fijan sólidamente en una base aislada de fábrica ó de carpintería, debiendo interponerse una capa de betún en la fábrica y una hoja de plomo entre la base y el zócalo de la máquina para que no se produzcan trepidaciones y se evite el ruido.

Se establecen los dinamos en un local fresco y bien ventilado para disminuir su calentamiento y que esté además seco para que no haya pérdidas de electricidad. Se han de fijar como los motores sobre una base sólida y aislada de los demás cimientos, interponiendo una capa aisladora de madera ó de gutapercha sobre la maquinaria y el macizo de fundación á fin de evitar las trepidaciones. Además de los dinamos hay que establecer en lo-

cal á propósito los acumuladores que regularizan el alumbrado de una manera absoluta y previenen los inconvenientes de una extinción súbita de la luz, así como surten de ella cuando aquéllos no funcionan.

1701. Los alambres ó hilos que han de conducir la energía eléctrica á los aparatos que dan la luz son peligrosos para las personas por su contacto y pueden producir incendio en las maderas ú otras materias combustibles, cuyos inconvenientes es necesario prevenir al hacer una instalación. Se emplean los hilos de cobre rojo formando cable, si es necesario, y se envuelven en una materia aisladora más ó menos perfecta que debe estar cubierta de plomo cuando haya de atravesar sitios húmedos.

Los hilos conductores deben estar inaccesibles al público y tener la resistencia necesaria para resistir la tensión á que se sujetan, disponiendo los apoyos á menos de 100 metros y con aisladores á 1 metro lo menos de las paredes y 0^m50 encima de las ventanas ó balcones más elevados, es decir, fuera del alcance de la mano, no debiendo nunca estar desnudos cuando la diferencia de potencial pase de 120 volts en corriente alternativa ó 400 en corriente continua. Los conductores en los edificios serán de cobre muy puro para que tengan el máximo de conductibilidad, y se cubrirán con un aislador que no esté sujeto á cambios perjudiciales del estado físico ó de constitución producidos por el calor ó la intemperie; serán de cobre rojo y tendrán un grueso de 2 y $^1/_2$ milímetros, estando preservados suficientemente contra el desgaste ó deterioro por rozamientos. En el interior de un edificio se sitúan los hilos donde estén más disimulados y no tengan humedad, en los corredores, escaleras de servicio, etc., huyendo de las conducciones de agua ó de gas, así como de las partes metálicas, envolviéndolos en gutapercha ó caucho cuando no se puedan evitar estas vecindades y especialmente al atravesar las paredes, donde además se protegerán con un tubo metálico. Ya dentro de las habitaciones, los hilos se colocan en lo alto de las paredes donde pueden aprovecharse las molduras para alojarlos en ellas y se disponen en los techos dentro de tuberías fijadas precisamente al construir el cielo raso, para lo que se busca la menor distancia de la pared á la lámpara. Los alambres ó hilos se fijan con aisladores que impidan toda pérdida de corriente, y en cada cambio de sección y antes de cada lámpara ó grupo de luces se coloca un cortacircuito destinado á recibir un hilo fusible, para que en caso de una intensidad anormal se volatice interrumpiendo la corriente, á fin de evitar peligros y conservar los aparatos. Cada uno de estos ó cada grupo, tiene, además, un interruptor ó conmutador que permita darles ó quitarles la luz.

En caso de colocarse los conductores bajo tierra, deben estar á 60 centímetros de profundidad y en cañerías de materia resistente é impermeable para que no penetre la humedad, disponiéndolas en pendiente y con desagüe en el punto más bajo á fin de que pueda salir el agua que por cualquier circunstancia accidental pudiera penetrar en ellas. Si hubiere en la inmediación algunas conducciones de gas, se asegurará además la ventilación que evite la acumulación del mismo.

1702. TELÉGRAFOS.—La instalación de este medio de comunicación, además de una mesa con aparatos, lo cual no nos incumbe, exige la comunicación con la tierra por medio de una lámina como en los pararrayos, y la colocación de los alambres que han de poner en comunicación las estaciones.

Estos alambres se disponen junto al techo y á lo largo de las paredes buscando el camino más corto para salir al exterior, perforando al efecto las paredes en cuyos taladros conviene establecer tubos de vidrio como aisladores. Si hay que hacer recodos en el alambre se clavan en las paredes los soportes de hierro necesarios, los cuales tienen la forma de gancho para sostener el aislador, que puede ser de vidrio, porcelana ó hueso.

1703. CAMPANILLAS ELÉCTRICAS.—Son unos pequeños telégrafos constituidos por un electro-imán, cerrándose el circuito cuando se oprime con un botón colocado en la habitación donde se llama. Los hilos conductores que comunican la pila con la campanilla y el cuadro indicador dispuesto en la portería ó cuarto de criados, están envueltos en una sustancia aisladora, y se colocan en la parte alta de las habitaciones como los conductores del alumbrado, por más que la fuerza de las pilas que aquí suministran la electricidad, no es tan peligrosa por su poca energía. En algunos establecimientos es necesario que una misma llamada se produzca á la vez en el cuarto de los criados ó portería y en la consergería ó cuarto del encargado del establecimiento y en este caso se establece en éste otro cuadro indicador ó comprobador.

Cuando los alambres deben atravesar una pared, se perfora ésta con una barrena ó berbiquí y se co-

locan aquéllos sin necesidad de tubo aislador, cuya operación debe practicarse antes de terminar las paredes con el enlucido y las molduras, á fin de que no sufran éstas deterioro.

1704. TELÉFONO Y MICRÓFONO.—El primero, que es un aparato por medio del cual puede conversarse á gran distancia transmitiendo la voz por los alambres, exige dos cajas telefónicas, que pueden presentarse con lujo á modo de pupitres y se colocan en la pared á una altura cómoda para aplicar la boca ó el oido, es decir, 1^{m}20 á 1^{m}30, cuyas dos cajas están en comunicación por alambres, como en el caso de las campanillas, así como con las pilas que suministran la electricidad.

Cuando son varias las dependencias que han de comunicarse se evita la colocación de muchos hilos, estableciendo una estación central á donde todos ellos van á parar, y en la que aparece en un cuadro el número del que pide comunicación, la cual se establece por medio de un conmutador de muchas direcciones.

El micrófono tiene por objeto transmitir sonidos muy débiles y sus dos aparatos están en el circuito de una pila como los aparatos telefónicos.

1705. CAMPANILLAS DE ALARMA Y DE INCENDIO.—Los avisadores de alarma que se ponen en las puertas ó cajas de caudales, así como los aparatos que indican una elevación de temperatura, necesitan las pilas ó elementos, las campanillas ó timbres y los alambres conductores que se colocan como en los demás aparatos.

Para que la campanilla de alarma suene cuando una puerta se abre, se coloca en ésta un pequeño aparato que se llama contacto de seguridad, ó se dispone en el suelo el llamado pedal, estableciéndose en ambos casos la corriente cuando se tocan.

El aparato que anuncia también por medio de campanilla ó timbre que en una habitación se produce un principio de incendio, se coloca en el techo ó junto á él en la pared, de manera que resulte en la dirección ó trayecto que puedan seguir los gases desprendidos de la combustión, que como más ligeros que el aire propenden á elevarse.

1706. CAMPANILLAS DE AIRE Ó NEUMÁTICAS.—Estos aparatos, que funcionan por la presión del aire comprimido sin gastos de pila ni entretenimiento alguno, pueden emplearse en edificios que, como las casas de campo, se habitan temporalmente. Pequeños tubos de plomo ó de caucho, cuyo diámetro es poco más que el de los alambres, ponen en comunicación el cuadro indicador y la campanilla ó timbre con el transmitidor de aire comprimido, que es una caja metálica ó de madera con la vejiga y botón de llamada. Los tubos se adaptan á las paredes como en los aparatos eléctricos, disimulándose bien en ellas por su poco grueso.

1707. TUBOS ACÚSTICOS.—La ley que hace que la intensidad del sonido esté en razón inversa del cuadrado de la distancia, no es aplicable á los que se transmiten por tubos, pues en ellos las ondas sonoras no se propagan bajo la forma de esferas concéntricas crecientes. De aquí que el sonido que se transmite por un tubo cilíndrico y recto, cuando es liso y de reducido diámetro, puede llevarse á una distancia considerable y por eso se emplea con preferencia al teléfono. Su instalación dentro de un edificio es sumamente sencilla: un tubo estrecho sirve de conducto á la voz, que aplicada en la boquilla de un extremo se oye distintamente en la del otro.

Los tubos acústicos que tienen de 16 á 30 milímetros de diámetro, se hacen de cinc, plomo ó cobre bruñido en el interior, prefiriéndose estos materiales porque el primero se deteriora fácilmente al contacto de la fábrica: los extremos son de caucho revestido con algodón, lana ó seda para que sean flexibles y puedan llevarse fácilmente á la boca y al oido, y se terminan en una boquilla que tiene un pito para avisar á la persona que se llama cuando se sopla por el otro extremo. La conversación se entabla aplicándose la boca á una de las extremidades y el oido á la otra, después de quitados los silbatos que cuelgan de una cadenilla para que no se pierdan. La boquilla ó tornavoz se coloca en una horquilla fijada en la pared cuando no se usa.

En establecimientos de importancia se emplea un cuadro indicador para ver qué tubo, y por consiguiente qué persona pide comunicación. En las instalaciones poco importantes, el cuadro puede sustituirse por intrumentos que den distintos sonidos, como trompetas, flautas, silbatos, etc.

1708. INSTALACIONES DE GAS.—De la cañería general se conduce el gas al interior del edificio por medio de tubería de plomo, y en la entrada de aquél se dispone una llave de toma además de la exterior, y no lejos de aquélla el contador, de manera que el agua que contiene no pueda helarse y detener la marcha no dando paso al gas del alumbrado. La llave estará encerrada en una

caja con puerta metálica y dispuesta de modo que no pueda escapar el gas sino fuera del edificio.

Los tubos conviene que estén aparentes ó encerrados en otro de un centímetro más de diámetro interior, el cual esté abierto por sus dos extremos y estos fuera del edificio para que puedan tener fácil salida los escapes de gas del tubo interior.

Cuando los tubos tienen que bajar para subir se dispone en la parte baja un purgador llamado sifón para que por él evacuen los productos de la condensación y no se interrumpa el paso del gas

En la instalación interior de la tubería es necesaria mucha precaución para que las huidas no causen graves accidentes, estableciendo salidas al gas que se pueda escapar por cualquier causa. Los lugares iluminados ó calentados deben tener dos aberturas, una enfrente de otra, que comuniquen con el aire exterior, una al nivel del piso y otra junto al techo.

CAPÍTULO IX

Obras comunes á todos los edificios y reglas generales sobre su construcción y orden de los trabajos

ARTÍCULO I

De la pintura de los edificios.

1709. OBJETO DE LA PINTURA Y EXTENSIÓN DE SU ESTUDIO. — La pintura en los edificios tiene por objetos principales el preservar los materiales de la acción del tiempo ó darles un aspecto más agradable á la vista.

La pintura ornamental ó la decoración por medio del color independiente de todo asunto, es muy difícil de aplicar porque sus leyes son sumamente variables con relación al lugar y al objeto. Agranda ó empequeñece un edificio, dice Viollet-le-Duc, le hace claro ó sombrío, altera las proporciones ó las hace valer, aleja ó acerca, ocupa de una manera agradable ó fatiga, separa ó reune, disimula los defectos ó los exagera y á su capricho adelgaza ó engruesa las columnas, estira ó acorta las pilastras, eleva las bóvedas ó las aproxima á la vista, extiende las superficies ó las disminuye, encanta ú ofende, reconcentra el pensamiento en una impresión y preocupa sin causa. Con una pincelada destruye una obra sábiamente concebida, pero también de un edificio humilde hace una obra llena de atractivos.

Por otra parte, el estudio de los colores es mucho más complicado de lo que se cree: no basta conocerlos bajo el aspecto de los efectos cromáticos que de ellos se pueden esperar, sino saber además cual es su origen, su influencia, su tendencia ó repulsión á unirse entre sí, su contracción ó dilatación, su más ó menos adherencia al material á que haya de aplicarse, y en fin, cuáles son los líquidos que en tales ó cuales casos deban emplearse para su mezcla y uso y de qué manera. Es necesario saber, además, el origen de los colores y las precauciones necesarias en su empleo, tanto para obtener buen resultado como para preservarse de su acción cuando es nociva; pues el plomo, el cobre, el arsénico y el mercurio, que forman la base de muchos de ellos, son venenos activos y perjudiciales por lo tanto, si no se manejan con precaución *(a)*.

Estas cuestiones que á veces parecen secundarias, son, sin embargo, de gran importancia y pocos pintores las conocen completamente. Por esto, y aunque no permite esta obra tratar extensamente de la pintura, se darán algunos datos que, siquier ligeros, sirvan al menos para conocer los colores, materiales y sistemas que más generalmente se emplean en la pintura de edificios, y evitar de esta manera los fraudes que suelen hacerse con más frecuencia.

1710. DE LOS COLORES EN GENERAL. —Se admiten en el espectro solar únicamente tres colores simples: el *rojo*, el *amarillo* y el *azul*, considerando como auxiliares el *blanco* y el *negro*. La combinación del rojo con el amarillo produce el *anaranjado*, la del amarillo con el azul da el *verde* y la del azul con el rojo, el *violeta*. Estos matices se aproximan al color que predomina, de manera que puede pasarse por una série de tintas de un modo insensible, del rojo al amarillo, de éste al azul y de aquí al rojo y viceversa.

El amarillo y el verde son alegres, el azul es triste: el rojo hace venir los objetos adelante, el amarillo atrae y retiene los rayos de luz, el azul es

(a) El cólico de pintores, que es al que se ven estos más expuestos, se cura con aceite de ricino.

sombrío y sirve bien para formar los grandes oscuros. Todas las glorias de los grandes pintores son amarillas. El orden de luz á sombra es blanco, amarillo, rojo, azul y negro.

Entre dos colores distintos puestos uno al lado del otro, sucede que el contraste sube los tonos claros y hace palidecer los oscuros, y si el uno es más intenso que el otro éste nos parece más claro y el primero más intenso de lo que es realmente: además, los colores son modificados por el ojo del observador, despertándose en la unión el sentimiento del color complementario; así es como una mancha verde sobre un papel blanco despierta el sentimiento del rosa en el contorno, y una hoja de papel azul al lado de otra amarilla parecen tomar el rojo, de modo que el azul parece violeta y el amarillo naranjado.

1711. En la aplicación de los colores hay que tener presente si se emplean en partes entrantes y oscuras ó en superficies planas y salientes. En vidrieras, los tonos deben ser brillantes, de contornos firmes, encajados limpiamente en plomo, teniendo en cuenta que los detalles desaparecen á cierta distancia y que estas obras son tanto más defectuosas cuanto más perfecta es la imitación de los objetos naturales. Los colores oscuros no sirven y deben adoptarse el azul del záfiro, el verde de la esmeralda, el rojo del rubí y el amarillo del topacio, empleándose también el violeta.

1712. DIVERSAS CLASES DE PINTURA.—Los procedimientos para pintar que más generalmente se usan, son: *á la cal*, en que ésta es la base; *al fresco*, donde se deslien los colores en agua pura; *al temple* ó *á la cola*, en que entra el agua de cola llamada *templa; al óleo*, en que el líquido son los aceites, y *al barniz* ó *chamberga*, donde se emplean los barnices. Están además la pintura *á la cera, al silicato, al óleo electro-metálico, á la leche, al jabón, al fuego, al chipolín, al copal*, etcétera, etc.

La pintura usada en edificios, en sus paredes, techos, armaduras, puertas, rejas ó balcones, etcétera, se denomina *de brocha* porque con esta se aplica. Los colores se preparan moliéndolos ó reduciéndolos á polvo y disolviéndolos generalmente en agua ó aceite al que se agrega algún secante para apresurar su desecación, y los objetos que se han de cubrir de pintura se preparan también para que ésta agarre y no se gaste mucho color.

1713. COLORES BLANCOS.—El *albayalde, cerusa* ó *blanco de plomo* es un carbonato de este metal, peligroso hasta por absorción cutánea y tiene el inconveniente de ennegrecer á la acción atmosférica y de alterar algo la frescura y brillo de todos los colores á que se une, principalmente si es sobre las paredes y al temple. Se adultera mezclándole creta blanca, lo que le hace tomar más pronto esa tinta sucia de un gris amarillo procedente de los óxidos de hierro. Es insoluble en el agua y no debe usarse por ningún sistema sin molerlo ó trabajarlo bien, porque sus granos no se deshacen con la brocha. Por esta causa se muele antes con un poco de agua y se deja secar volviéndolo á moler al emplearlo con aceite ó barniz.

El *albayalde* de *plata* está mejor trabajado, y tanto él como los *blancos de cinc y de nieve*, son poco usados por su elevado precio. El blanco de cinc, que es inofensivo para los que lo manejan, es más hermoso y permanente que el de plomo.

La *tiza* es de una condición muy inofensiva y por esta cualidad de una gran aplicación en pinturas al temple, empleándose mucho en imprimaciones y dilataciones de otros colores, especialmente sobre paredes, en que de esta manera no debe usarse el albayalde. No es necesario molerla en la piedra; basta remojarlas con alguna anticipación.

La *tierra blanca* es de un color mate y tacto suave y jabonoso; suple en algunas ocasiones á la tiza por su mayor economía y se usa de la misma manera.

La *cal blanca* hace las veces de la tiza en el pintado á la cal y al fresco, usándose generalmente en paredes á la intemperie y en interiores cuando se busca la economía. Se apaga por infusión y debe colarse para usarla.

La *creta blanca*, que es un carbonato de cal, se usa lo mismo que las anteriores.

El *yeso blanco* es muy usado en pintura al temple. Se mata reduciéndolo á polvo fino bien tamizado y luego se templa muy claro como caldo espeso, el cual se deja reposar vertiendo después el agua. Una vez secada la pasta que queda, se reduce á polvo para emplearlo.

1714. COLORES AMARILLOS.—El amarillo *cromo* procede de este metal del que es una combinación: se llama también de *corona* y hay de él dos variedades: una de anaranjado muy rico de tono y otra de color de canario muy vivo. Se debe moler bien en la piedra, pues si no, aparece poco después amanchonado. Exige precauciones en su

empleo porque el plomo entra en su composición.

El *oropimente* es un compuesto de arsénico y azufre (arsénico sulfurado), de textura laminar ó fibrosa, brillo craso anacarado produciendo un amarillo de limón. Su empleo es sumamente peligroso.

El *ocre* procede del mineral de hierro ocroso ó limonita terrosa que es un óxido férrico. Aparece como arcilla coloreada por el hidrato del óxido de hierro. Es de un amarillo mate y opaco, deleznable, suave al tacto y jabonoso: pica en la lengua y exhala, cuando se humedece, un olor arcilloso muy fuerte. Puede usarse molido en seco y remojado con algunas horas de anticipación, si no ha de emplearse al óleo.

El *ocre oscuro* es enteramente igual en condiciones al anterior, sin más diferencia que la que dice su color.

1715. COLORES MORENOS. — Se extraen de los minerales de hierro y son: la tierra *Siena natural*, que es difícil ó ágria de moler, lo cual debe hacerse siempre en la piedra: tiene un amarillo parduzco transparente.

La *tierra sombra* es de un color semejante á la tierra, entre verdoso y amarillo sucios: es quebradiza y muy dura de moler, lo que solo se consigue bien en la piedra.

La *tierra de Cassel* es de iguales condiciones que la anterior, pero más oscura y con algún ligero viso rojo.

La *tierra de Colonia*, más morena que la Siena, es betuminosa y cargada de materias ferruginosas, sin igualarle en sus buenas cualidades. Procede del lignito terroso que es un combustible compuesto de carbono, materias volátiles y mezclas terrosas.

1716. COLORES ROJOS. — *El vermellón* ó cinabrio, compuesto de 86 partes de mercurio y 14 de azufre, es el rojo por excelencia y el más brillante, pero se emplea con sobriedad.

El *azarcón* ó *minio* tiene un rojo brillante naranjado y es un óxido de plomo, por lo que hay que gastarlo con precaución. Se obtiene por calcinación combinando el ácido de plomo con un óxido del mismo metal, ennegrece por la acción atmosférica y aplicado al hierro no le defiende más que medianamente contra el orin, que al fin lo levanta y lo despide: el agua lo destruye pronto y deben darse dos manos para que tenga una fuerza de adherencia regular; suele estar falsificado con polvo de ladrillo que sin producir alteración en el color, lo hace quebradizo; se conoce exponiéndolo al calor rojo sobre un trozo de palastro en el que presenta un color amarillo homogéneo si es puro y salpicado de rojo si es adulterado. Puede gastarse sin molerlo en la piedra, cuando no ha de ser al óleo.

El *carmín*, debido principalmente á la cochinilla, que es un insecto, es de dos clases: *carmín lana*, en el que entra yeso mate para hacerlo, es el más pálido y amoratado de los carmines: su aspecto es esponjoso y su peso muy poco; debe siempre molerse en la piedra y nunca mezclarse con cal, debiendo tenerse presente que la acción de la luz lo destruye; el *carmín laca* es más vivo pero por su precio elevado se emplea sólo lo indispensable. Su uso es como el del carmín lana. Se les adultera con tinturas calcinadas de maderas de color, con lo que pierden solidez y se apagan pronto y desigualmente.

El *albín*, *pavonazo*, *almagre* ó *almaxarrón* es de un color rojo oscuro y procede del mineral de hierro ocroso pero calcinado y del hierro rojo llamado también *ocre rojo*, que sirve para lapiceros. Es sólido y barato, razones por las que tiene mucho uso y se emplea después de molido con solo remojarlo, si no ha de ser para el óleo.

La *Siena calcinada* es de un aspecto semejante al del albín, aunque más roja y arenosa: nunca puede usarse sin molerla en la piedra.

El *rojo rey* es de un aspecto semejante al albín inglés, pero más fino y suave, más oscuro y con tipo de color amoratado. Tiene mucha aceptación y no es preciso molerlo en la piedra sino cuando se usa al óleo.

1717. COLORES AZULES.— El *azul Prusia* ó *Berlín* se extrae de la vivianita, que es un fosfato ferroso hidratado. En su calidad es quebradizo y su hermoso color azul oscuro presenta por las caras, recien quebradas especialmente, un bonito tornasol de carmín. Debe siempre molerse en la piedra y nunca usarse con la cal ni inmediatamente sobre ella.

El *azul ultramar* sale del mineral lazulita (lapislázuli, ceolita azul), siendo un silicato de alúmina y sosa y sulfato de sosa. Es de un bello color de cualidades inofensivas, y se combina bien con todas las sustancias: la luz artificial le hace tomar una tinta verdosa, lo cual se evita usándolo poco subido: no es preciso que sea molido en la piedra.

El *azul ceniza* es procedente de cobre: su as-

pecto es esponjoso; por ser difícil su empleo y por su carestía, tiene poco uso; debe prepararse en la piedra y nunca emplearse en dormitorios.

El *azul cobalto* procede de la eritina (cobalto rojo, cobalto miáceo) y es un arseniato de cobalto hidratado más subido de color que el anterior, pero de condiciones semejantes, aunque no parece tan esponjoso: con la luz artificial toma una tinta violada: necesita prepararse en la piedra.

El *azul mineral ó de montaña* se extrae de la azurita (malaquita azul) que es un carbonato sexquibásico de cobre hidratado: cubre poco más que los anteriores, siendo como ellos difícil de manejar y reacio para incorporarse á otro; resiste mal á la acción de los rayos solares y es indispensable conocer bien la dósis necesaria para que después de algunos días se tenga la tinta que se desea; por esto conviene darle un tono más bajo.

El *añil ó indigo* es muy semejante, en sus condiciones físicas, al azul Prusia, pero de tono negruzco ó azul oscuro con visos cobrizos y se saca de los tallos y hojas del añil por la maceración en agua. En su uso deben guardarse las mismas precauciones que con el Prusia.

1718. COLORES VERDES.— El llamado *metis ó de Paris* es como el del papagayo, con una frescura notable y mucha solidez: se encuentra en polvo y se presta bien á las mezclas preparándose siempre en la piedra. El que tiene un viso blanquecino debe desecharse porque suele estar adulterado.

El *verde montaña, de tierra ó fijo* procedente de la malaquita, carbonato de cobre bibásico hidratado, es de color verde esmeralda ó de cardenillo, tiene brillo diamantino, vítreo ó sedoso y es en aspecto, condiciones y uso igual al anterior: es de un color mucho más oscuro, debiendo desecharse el que sea amarillento porque está adulterado.

El verde *inglés* se encuentra en terrones quebradizos parecidos á los del azul Prusia, aunque más pequeños, apareciendo sus quebraduras de un tono más oscuro que el metis y más claro que el fijo, siendo en su aspecto exterior más blanquecino que el interior. Es de mucho uso y por su buen resultado se aplica en todos los sistemas, debiendo siempre molerse en la piedra.

1719. COLORES NEGROS. — El *humo de pez*, cuyo nombre indica su procedencia, es un negro de cualidades inofensivas, pero no puede amalgamarse con el agua sola; razón por la que siempre se apaga, cuando no ha de usarse al óleo, con templa, vinagre, cerveza ó aguardiente.

El *negro hueso ó negro animal* procede de la calcinación de cualquier clase de huesos: es preciso molerlo en la piedra y su negro es más amarillento que el anterior: también se presta bien á todas las combinaciones.

Se emplea también el negro *de sarmiento* y el *de marfil* que es el más caro, aunque el mejor.

1720. MEZCLAS DE COLORES.—Rara vez se usan los colores sin mezclar unos con otros, pues no dan por sí solos las tintas ó matices que se desean, para obtener los cuales son muchas las combinaciones que se pueden hacer y muy varias las proporciones con que entran los componentes.

La combinación de dos colores es, por regla general, la que da tintas limpias y vivas. Se neutraliza el predominio de un color añadiendo el opuesto, y cuando se quiere aclarar un color se le agrega otro del mismo tipo pero de matiz menos intenso y también añadiendo blanco á la mezcla ó á uno de los componentes.

En la mezcla de colores que tienen diferentes densidades hay que tener mucho cuidado al emplearlos de removerlos constantamente para que los más pesados no se vayan al fondo y resulte la pintura de matiz diverso.

1721. MOLIENDA DE LOS COLORES.— Todos los colores para emplearlos al óleo, y la generalidad en los demás sistemas, es preciso molerlos sobre una losa de mármol bien pulimentada frotándolos con una *moleta* también de mármol con la que y el agua, el aceite ó el aguarrás, se forma una masa. Este amasado se hace también en muelas horizontales perfectamente planas y pulimentadas que giran una sobre otra como para moler grano. El color es tanto más bello y lustroso, cuanto más molido se halla.

Los colores molidos se conservan en vasijas barnizadas hasta el momento de usarlos, cubriéndolos con agua para que el aire no los espese. Al ir á usarlos se les añade la cantidad de aceite ó agua necesaria para darles la liquidez conveniente.

1722. ACEITES.—Los más comunmente empleados son: el de *linaza*, el de *nueces*, el de *clavel* y el *aguarrás*.

El de *linaza* se extrae de la simiente del lino: tiene un amarillo algo verdoso y se le conoce fácilmente por su olor. Es secante y se le aumenta esta cualidad recociéndolo al fuego con una muñequilla

de litargirio y algunos ajos; en cuyo caso se conoce con el nombre de *secante* y toma un color moreno rojizo bastante subido. Se adultera este aceite mezclándole el de sésamo ó el de oliva, lo cual le quita su cualidad de secante. Se blanquea poniéndolo al sol en el verano en una cubeta de plomo.

Los aceites de *nuez* y de *clavel* son casi incoloros, pero poco usados por su subido precio, pudiendo hacerse secantes por el mismo procedimiento que el de linaza. El de nueces no debe emplearse para los tonos claros porque es algo colorante; al aire resulta más bella la pintura que con el de linaza, pero debe usarse sin esencias. El de clavel es algo amarillento y puede emplearse en las tintas claras y brillantes.

La esencia ó aceite de *trementina* ó el *aguarrás* es un líquido resinoso que se extrae de diferentes árboles, especialmente del pino marítimo: disuelve los cuerpos grasos y resinosos y por regla general es el más usado para la fabricación de barnices. Es de un olor característico y debe ser incoloro, transparente y presentar, sin embargo, algún aspecto oleoso.

1723. SECANTES.— Generalmente secan los colores preparados con aceite cocido del primero al quinto día, aunque algunos tardan mucho más, siendo los más secantes el minio, la tierra de Cassel y la de sombra, después siguen el ocre rojo y el amarillo, luego la tierra verde y el verde ultramar, siguiendo á estos el rojo y azul Prusia, la creta y el almagre y después los demás. Se mezclan todos, sin embargo, con alguna sustancia secante, pero teniendo presente que en exceso, si bien seca más pronto, en cambio no deja que los colores se adhieran tan bien y concluyen por descostrarse. Los secantes de más frecuente aplicación son los siguientes:

El *litargirio*, que es un óxido de plomo fundido en láminas ó escamas muy pequeñas que se reduce á polvo: es de color amarillo más ó menos rojizo y con lustre vidrioso, denominándose *de oro ó de plata*, según se asemeja al color de estos metales.

La *sal de Saturno*, que procede del plomo, parece azúcar de pilón, y tocándola con la lengua tiene un sabor sumamente ágrio: se usa generalmente para colores claros.

Los secantes se añaden á los colores en el momento de emplearlos porque de lo contrario se espesan, y si se ha de barnizar, sólo se emplea el secante en la primera capa ó mano.

1724. BARNICES.—La disolución de goma ó resina en un líquido espirituoso, oleoso ó resinoso es lo que constituye la principal base de un barniz, denominándose *alcohólicos, grasos ó de esencia*, según que las resinas estén disueltas en espíritu de vino, en aceite ó en esencia de trementina. Los alcohólicos se emplean al interior y el graso al exterior.

A los barnices suelen agregarse algunas otras sustancias en casos determinados, bien por exigencia del uso especial á que hayan de dedicarse, bien para colorearlos de tal ó cual tipo. Pero en todo caso, la principal cualidad de un barniz para ser aceptable, depende, además de los buenos materiales de que se componga, de la perfecta disolución de la goma ó resina empleada y de su completa transparencia y ningún color adquirido por esceso de fuego en su fundición. Muchos son los fraudes que puede haber por cambio de sustancias en su fabricación; pero eso no siempre se conoce á la vista y solo puede evitarse presenciando su elaboración y teniendo un completo conocimiento práctico de las materias componentes.

De todos modos, deben quedar brillantes, sin aspecto graso ni empañado y sin resquebrajarse, adhiriéndose fácilmente á los cuerpos. Su desecación ha de ser rápida sin que su dureza disminuya.

1725. BROCHAS Y PINCELES.—Es la brocha, como se sabe, una escobilla de cerda atada á un mango de madera, empleándose para la formación de aquélla además de la cerda del cochino y mejor la del jabalí, el pelo de caballo, de lobo y de perro, y en ciertas obras el palmito de las escobas ordinarias.

Los pinceles solo difieren de las brochas en que tienen punta y están formados de pelo más fino, de tejón, marta ó fuina, ardilla, etc., metidos y sujetos en un cañón de madera, metal ó de pluma.

Para hacer más rápidamente la pintura, cuando se trata de superficies planas de grande extensión ó pequeña, se emplean máquinas consistentes en una serie de brochas que funcionan por medio de una manivela, dando una pintura limpia é igual.

1726. PREPARACIÓN DE LOS CUERPOS PARA RECIBIR LA PINTURA Ó EL BARNIZ.—Los diversos trabajos que se ejecutan en una obra dejan á ésta en un estado sucio con la mezcla que ha caido sobre ella, con agujeros ó deterioros y otros diversos accidentes que hay que reparar antes de extender la pintura.

Después de quitado el polvo se raspan las desigualdades ó parches de mezcla y se tapan ó cubren los desperfectos para dejar las superficies unidas, sean planas ó curvas, empleando en trabajos esmerados la piedra pómez, el asperón y el papel de lija, según la obra de que se trate.

En todos casos, cualquiera que sea el cuerpo que haya de cubrirse de pintura, la primera condición que hay que cumplir es la de que la superficie esté preparada de modo que no absorba demasiado líquido, á fin de que deje á la materia colorante todo su matiz. Esta preparación es lo qne se llama *imprimación ó aparejo.* Si se hace con cola, se forma una ligera costra que impide adherirse al color, pero lo economiza; razón por la cual los contratistas desean generalmente adoptarlo; debe, sin embargo, desecharse, especialmente para pintar al óleo, porque la cola es muy sensible en las variaciones atmosféricas, acabando por agrietarse y desprenderse llevando consigo el color que la recubre. Esto sucede principalmente en tiempo frío.

Las imprimaciones de mejor aceptación por su mayor solidez, son hechas por el mismo sistema de pintar que haya de usarse á la vista, excepto en la pintura al barniz ó chamberga que debe imprimarse siempre al óleo. Se acostumbra, sin perjuicio de la obra, á imprimar con sustancias más baratas que para las últimas manos, pero siempre semejantes. Se imprima en capas muy delgadas, pues es preferible el repetirlas á darlas gruesas.

1727. El hierro se acostumbra imprimar con minio que debe ser bueno: sin embargo, el albayalde es mejor para sitios húmedos porque no se deja arrastrar tan fácilmente por el orín.

Los metales necesitan una preparación para recibir la primera capa de pintura. Al plomo se da con vinagre cuyo efecto es el de destruir el bruñido que le da el laminador. El palastro tiene ya bastante adherencia por sí, y el hierro, en la parte que esté oxidada, se unta ligeramente con aceite y al cabo de algún tiempo se le raspa y enjuga con un trapo para quitarle la grasa. Si el hierro es nuevo y tiene alguna tersura, se le frota con papel de lija cuando se quiera proporcionar algo de adherencia al color.

1728. Las maderas deben estar secas y bien labradas para pintarse; porque si están verdes, al efectuar su desecación puede saltar la pintura, y si no tienen hecha con esmero su labra, ni las cubre el color, ni dejan á éste lucir todo su buen aspecto. Los nudos deben lavarse con esencia de trementina ó con ácido nítrico debilitado; pues si no, la resina que sudan mancha y empaña el color.

1729. El vidrio se prepara, cuando no ha de quedar transparente, dándole una mano de barniz fino y si no se frota con un ajo partido hasta cubrir bien la superficie que se ha de pintar, y seca esta capa se le da otra de imprimación con un pincel de pelo de marta, después otra con una muñequilla de hilo fino ó de piel de guante. Se hace traslúcido pintándolo de blanco y pasándole un disfuminador para que desaparezcan las vetas que produce el pincel. Terminada esta operación se fija la pintura con una mano de barniz transparente.

1730. Si hubiese de pintarse sobre otras pinturas que presenten indicios de pronta caida, deben acabarse de quitar con un raspador triangular, lo cual se facilita en la madera ó hierro aplicándoles un calentador cilíndrico abierto por delante, con lo que el color se hincha siendo fácil de levantar. Las viejas superficies deben lavarse con agua de jabón ó con una brocha áspera.

Cuando se ha de pintar en paredes húmedas ó salitrosas hay que levantar el revoco sustituyéndolo con otro hidráulico y dándole después si es preciso, con una brocha, un baño hidrófugo en varias manos con una mezcla de cera derretida en tres partes de aceite de linaza y cocido todo con una décima parte de litargirio, ó también con un compuesto de tres partes de resina ordinaria derretida en una parte de aceite de linaza con un décimo de litargirio. Este baño se aplica á la temperatura de 100° sobre la pared calentada fuertemente con el calentador de que se ha hablado. En cuanto la primera capa ha sido absorbida, se aplica la segunda y así se sigue hasta que no absorba más.

Cuando la superficie sobre que ha de pintarse presenta algunos desperfectos como grietas, agujeros, descalados, etc., se le tapan después de haberle dado la primera mano de aparejo (que es cuando mejor y más claramente se presentan), con un *plaste ó mastic* compuesto de yeso mate y agua de cola, ó sustituyendo el yeso con tiza: si es sobre paredes puede también hacerse esta operación con yeso, antes de ninguna imprimación.

1631. PINTURA Á LA CAL.—Es aquella en que entra la cal como base y único mordiente *(a)*: esta sustancia es generalmente aplicable sobre

---

(a) Llámase mordiente en pintura á la sustancia

paredes al temporal, y también en las interiores por su economía. Es algo pobre de recursos para el pintor porque no todos los colores resisten la influencia de la cal; tanto, que algunos son nulos con ella, necesitándose mucha práctica para su conocimiento.

1732. Pertenecen á esta clase de pintura los blanqueos que generalmente se usan, en los cuales se emplea la cal grasa muy blanca ó pura, el yeso y la tierra blanca que en algunos puntos existe.

La cal se apaga con anticipación para hacer de ella una masa espesa que después se convierte en una lechada clara al emplearla. En algunas partes se le agrega un poco de alumbre, en otras queso blanco, patata, etc.

En los Estados Unidos, Cuba y Puerto-Rico se conoce con el nombre de estearato de cal una mezcla de 40 partes de cal viva y 10 de sebo, apagándose aquélla con agua caliente y mejor hirviendo, removiéndose la mezcla con paletas puestas en un eje vertical, pues el calor abrasaría las manos. Después se añade agua para formar lechada. Se aplica á los muros calentándola y se adhiere más que la ordinaria. Puede dársele color como á ésta.

Se sostiene el tono del blanco agregando para la última capa un poco de azul ó de añil, debiendo ser azul ultramar ó humo de pez si se blanquea con cal. Se da un tinte amarillo, rojo, gris ó negro añadiendo la cantidad necesaria de ocre amarillo, de albin ó de negro hueso.

La cal teñida de azul, gris y ciertos rojos, casi siempre absorbe el verde y toma el tono amarillento. El solo verde que resiste es el de mar que da un tono verde agua de buen efecto.

1733. Donde la construcción de edificios se hace con mezclas de cal y arena, la pintura á la cal es sumamente económica, limpia y de un efecto tanto más notable cuanto más práctico é inteligente es el pintor. En las habitaciones se dividen los lienzos de pared en recuadros que bajan desde el techo hasta la altura de 1 metro del piso próximamente: los recuadros se separan unos de otros por fajas de tintas distintas que se limitan con líneas finas de color más vivo ó con cenefas, aunque éstas se destinan generalmente á las dos líneas horizontales en que terminan los recuadros por arriba y por abajo. Los ángulos de los recuadros son objeto de un lazo, flor ó dibujo más complicado y el centro se queda unas veces sin adorno alguno y otras lleva un medallón, florón, estrella ó dibujos de más mérito, al que sirven de marco las líneas ó cenefas del contorno. En el ángulo que forman las paredes con el techo se figuran cornisas y frisos debajo con variados dibujos, y el techo se pinta análogamente disponiendo siempre en el centro una estrella ó florón, ó alegorías apropiadas al destino del local. En la zona de 1 metro entre el piso y los recuadros de las paredes se figuran zócalos de color oscuro en la parte inferior y frisos de más ó menos complicado dibujo, según el gusto del pintor ó el presupuesto de la obra.

---

que hace que los colores queden adheridos al cuerpo que se pinta.

1734. PINTURA AL FRESCO.—Este sistema es de las mismas condiciones que el anterior, excepto generalmente en baratura, con la diferencia de que se usa sobre revocos frescos aun, lo cual se consigue no luciendo el albañil más extensión que la que el pintor pueda pintar antes de que se seque. No obstante, se ha extendido esta denominación á todas las pinturas murales con ó sin fondo y cualquiera que sea el procedimiento de ejecución. La mejor, sin embargo, es la que se ejecuta directamente sobre el muro sin intermedio de ningún fondo, que es la verdadera pintura mural. Este procedimiento ofrece pocos recursos al artista porque tiene que ajustarse en su trabajo al tipo que el fondo le presenta, sometiendo sus creaciones á las necesidades del mismo.

Esta pintura no admite colores que puedan ser atacados por la cal y se emplean solamente los de las tierras naturales, de donde resulta una tonalidad baja y apagada que en el interior de los edificios tiene poca aceptación porque el gusto y el lujo exigen gran brillantez en el colorido.

1735. Esta clase de pintura puede ejecutarse sobre toda clase de enlucidos y durar tanto tiempo como ellos si se ha aplicado antes de su desecación. Por esta razón, el enlucido de yeso no sirve, pues se seca muy rápidamente á no ser que se mezcle con él el color antes del enlucido, consiguiéndose de esta manera colores de fondo únicamente. Con especialidad en paredes de tierra es esta pintura la mejor, como sucede en Lyón y en Roma. Para ello se hace preciso que las paredes estén bien secas y que se ejecute el enlucido como se explicó en su lugar oportuno (763).

1736. PINTURA AL TEMPLE, Á LA AGUADA Ó Á LA COLA.—Se llama al tem-

ple con toda propiedad, porque la templa ó agua de cola no debe ser ni muy fuerte ni muy floja: en el primer caso sería quebradiza y saltaría en lascas: en el segundo se pegaría á todo cuanto la rozase y marcharía con facilidad hecha polvo. En las paredes que no están al alcance de ningún roce y sobre todo en los techos, se acostumbra á poner más floja.

La cola de retal es la más indicada para este uso; pues además de ser muy limpia, tiene la ventaja de ser casi inodora y la de no resquebrajarse con el calor, como puede suceder con la fuerte que usan los carpinteros. En las obras de poca extensión se emplea la goma ó clara de huevo.

1737. Al contrario que en la pintura al fresco que debe aplicarse cuando el enlucido está todavía húmedo, en la que se hace al temple no se aplica la pintura si la superficie no está enteramente seca, pues se llenaría de manchas y picaduras y se destruiría pronto. El revoque debe ser fino y mate y prepararlo con una mano de agua y cola. Los colores se muelen en agua *(a)* y en seguida se preparan ó templan con la cola y se mezclan hasta que hacen hilo, empleándolos templados ó calientes, especialmente para las primeras manos.

Esta pintura suele ofrecer más dificultades que la al óleo, porque la velocidad con que se seca da lugar á que, especialmente las tintas delicadas, salgan desiguales. Contribuye á evitar este efecto, además de la pericia del que la maneja y del enjugo lento que debe procurarse, el que al aparejo se le haya dado, aunque más claro, el mismo tipo de color que ha de tener la tinta para que no haya transparencia. También suelen aparecer desigualdades si falta la precaución de revolver á menudo la tinta, precaución que debe tenerse presente en todos los sistemas, aunque para éste con más especialidad.

1738. Este sistema solo debe usarse en paredes que estén al abrigo de las lluvias, donde conserva toda su frescura. De lo contrario, las aguas arrastrarían consigo lo pintado.

Cuando en determinadas ocasiones se quiere dar brillo á esta clase de pintura, puede cubrírsela con barniz claro, teniendo muy en cuenta que oscurecerá siempre más ó menos según la porosidad del cuerpo que lo recibe. Para ello se pasan dos manos de cola muy floja cuidando no llenar las molduras, y cuando el encolado está bien seco se puede dar el barniz de espíritu de vino en dos ó tres manos.

1739. PINTURA AL ÓLEO.—El aceite con que generalmente se prepara esta pintura es el de linaza: cualquier color que se use por este sistema es preciso prepararlo en la cantidad necesaria para toda la obra si se quiere que tenga una transparencia y brillo igual. Debe molerse muy bien en la piedra acompañándole desde luego el secante que se prefiera según el color y las circunstancias. Si después hubiese que añadirle más aceite por estar demasiado espesa la tinta, puede hacerse directamente en la vasija en que se tiene; pero procurando batirla bien á fin de que no sobrenade el aceite, porque usada así es más propensa á enranciar y tomarse el color. Para emplearlo no debe hacer hilo en la extremidad de la brocha, al contrario que en la pintura al temple. Los colores se aplican en frío y solamente cuando se quiere preparar una superficie nueva ó húmeda se extiende caliente y mejor hirviendo. La brocha se pasa de un lado á otro ó de arriba abajo, pero siempre al mismo hilo y de modo que al retroceder no abandone lo que se pinta, pues se mancharía.

1740. Tiene este sistema la ventaja sobre los demás de que aun cuando el sol oxida la pintura, preserva del temporal por mucho tiempo á los materiales sobre que se usa. En los interiores en que hay poca ventilación, se empaña algún tanto con el tiempo, efecto de la ranciedad del aceite. Su principal uso es sobre hierros y maderas, porque sobre las paredes basta cualquiera de los sistemas anteriores que son mucho más económicos.

1741. Para pintar sobre vidrio se pueden adoptar dos procedimientos: *en caliente* ó *en frío*, según se desee más ó menos fijeza y duración en el color. El primer medio se ha indicado ya (183) y el segundo varía según se busque transparencia ó no. En el primer caso, después de preparado el vidrio (1729), se pinta con el color que se desee desleído al barniz y con aceite de linaza. Si se quiere se da después de seco otra mano de barniz transparente. Cuando el vidrio ha de quedar opaco se da la mano de pintura sobre el aparejo correspondiente y cuando está seca se le da otra con un barniz transparente.

1742. PINTURA AL BARNIZ Ó CHAMBERGA.—Son varios los barnices que se emplean y debe preservárseles de la humedad y del polvo durante su uso, el cual exige una grande práctica

(a) El agua de pozo es mala, así como la de manantial si contiene sulfato de cal.

para hacerla aparecer con toda la brillantez de que es susceptible. Todos los objetos que con ella se hayan de pintar deben imprimarse al óleo y con más esmero que para cualquier otro sistema. El color que con los barnices haya de usarse, debe siempre molerse en la piedra con aguarrás únicamente y solo el preciso para conseguir un perfecto molido. No necesita más secante ni más líquido para su uso, que el barniz con que se emplea y siempre deben darse dos manos cuando menos, más cargada de barniz la segunda que la primera, pues ésta sale un poco mate.

1743. El barnizado se aplica como el color pero con más cuidado, procurando no pasar la brocha más que una vez y esto con muy poco barniz, no dejando nada sin barnizar porque resultan manchas en las faltas. Se hace á un calor moderado, y cuando se aplica inmediatamente sobre madera debe pulimentarse ésta préviamente con piedra pómez, con papel de lija, con ésta ó con cola de caballo. En caso de no quedar bien un barnizado, el mejor remedio es quitarlo con espíritu de vino cuando es alcohólico y con esencia cuando es de aceite, volviendo á extenderlo otra vez.

El barnizado es preferible á la pintura al óleo para los interiores, por su mucho brillo y hermosura: su solidez es casi la misma en este caso, pero no así al temporal.

1744. IMITACIÓN DE MADERAS.—Por ser muy en uso hoy la costumbre de pintar las puertas imitando maderas finas, se dará aquí alguna ligera idea del procedimiento en general. Deben imprimarse perfectamente al óleo, con albayalde, dando á éste un ligero matiz más ó menos cargado de ocre ó albin, según convenga y según sea amarillo ó rojo el color de la madera que trate de imitarse. Después de seca la imprimación, se da un baño general con ocre, siena natural ó calcinada, albin ó tierra de Cassel, conforme sea el tipo de la madera que se desee, molidas y templadas al agua ó con cerveza.

Antes de que se seque por ningún lado, se hacen las vetas con uno de los varios pinceles que para este uso se conocen apropiados, y después se pasa el llamado disfuminador, completando de esta manera la más aproximada imitación á los infinitos caprichos que la naturaleza nos presenta en cada clase de madera. Luego se barnizan con aceite muy secante; y si están reservadas del temporal, puede también hacerse con un barniz transparente.

Se imita la acacia, el boj y la raiz del olivo *manchando*, es decir, coloreando la imprimación con ocre claro y haciendo el veteado sobre siena natural. Esto mismo sirve para imitar peral ó cerezo, con la diferencia de que se acompaña la siena con un punto de albin. Para que la madera aparezca como de nogal, encina, roble ó palo santo, el manchado se hace con ocre oscuro y el veteado sobre tierra sombra ó de Cassel, cargándolos más ó menos y variando el veteado según convenga. La imitación de caoba se consigue manchando con albin y veteando sobre siena calcinada.

1745. BRONCEADO.—Se broncean por igual los objetos ó para hacer resaltar alguna parte de modo que produzca el efecto del metal oxidado y brillante sólo en las partes limpias y pulimentadas por el rozamiento.

Es muy común pintar los hierros imitando bronce, lo cual puede hacerse pintándolos al óleo con un verde apropiado, que suele ser el fijo; cuando ya está este color próximo á secarse se le pasa una brocha suave mojada antes en seco en purpurina dorada: este dorado debe procurarse que cargue poco en las partes hundidas del hierro y más en las salientes. Suele suplirse la purpurina con ocre claro molido; pero como desde luego se comprende, tiene la gran desventaja de carecer del brillo metálico de aquélla. Si el servicio del hierro así pintado ha de ser á la intemperie, debe barnizarse con aceite secante.

1746. DORADO Y PLATEADO.—Como su objeto es dar idea de riqueza, ha de buscarse la ilusión en lo que es posible, aplicándolos solamente á ciertas partes sin extenderlos á grandes masas, pues esto representaría el empleo de una gran cantidad de metal, destruyendo la ilusión y demostrando la pobreza vanidosa.

Los materiales que se emplean son de varias clases ó cualidades, desde el oro más puro hasta el cobre, y entre los varios procedimientos seguidos para dorar ó platear están los llamados *al temple*, *á la sisa*, *al óleo*, *á la purpurina*, *al fuego* y *al galvanismo*.

1747. Para dorar ó platear *al temple* se prepara ó apareja bien el objeto con varias manos de yeso y cola, pulimentándola después perfectamente. Se da luego una mano de mordiente que puede ser cola, pez y sebo, miel y cera, bol arménico, etc., y sobre ella se aplican las hojas de oro ó plata con un poco de algodón en rama ó con el pincel llamado

peine. Este sistema sólo debe usarse al interior, pues no resiste á la intemperie.

1748. En el procedimiento llamado *á la sisa* ó *mixtión*, puede prepararse el cuerpo de cualquier modo cuando no ha de estar á la intemperie, siempre que se consiga el pulimento, y al óleo cuando ha de hallarse expuesto á dicha influencia, en cuyo caso no le daña la humedad, el calor ni el viento. El mordiente para aplicar el oro ó plata como arriba se expresa, es la sisa, que consiste en albayalde, ocre claro, sombra y minio, molido todo con aceite sobre la losa. Se le cuece con más aceite y se pasa por un cedazo para usarlo.

1749. El dorado ó plateado *al óleo* consiste en pintar el objeto por este sistema con ocre ó albayalde ó con ambas cosas, y cuando la última mano está mordiente se aplica el oro ó plata de la manera dicha anteriormente.

Para los metales se limpian con un ácido y se extiende el mordiente, que no es más que aceite de linaza muy secante con un poco de albayalde y litargirio, á cuyo mordiente se llama también *orocolor*, y cuando está casi seco se aplican las láminas de oro con una muñequilla de algodón en el sitio que se desea dorar, agarrando bastante bien. Por este medio se doran las puntas de los pararrayos, veletas y remates.

Cuando se ha de dorar sobre vidrio se prepara antes un barniz disolviendo ámbar amarillo en aceite secante de linaza ó nueces y agregando un poco de albayalde bien molido y tamizado: esta mezcla se hace en una piedra y se pinta con ella el cristal aplicando encima las hojas de oro cuando todavía está mordiente. De este modo se obtiene el dorado mate, y para darle brillo se pule con el bruñidor.

1750. En el dorado ó plateado *á la purpurina* se prepara el cuerpo pintándolo al óleo y aplicando la purpurina con un pincel en seco. Puede servirle también como mordiente la sisa ó algún barniz si ha de ejecutarse en sitios abrigados de la intemperie.

Todos estos procedimientos pueden cubrirse con cualquiera de los barnices hechos al caso.

1751. El dorado *á fuego* consiste en cubrir el objeto con una amalgama de oro que después se somete al fuego de un horno sumergiéndolo luego en agua acidulada. Este procedimiento tiene aplicación á los metales.

Cuando se trata de obtener el dorado sobre cristal ó vidrio, se disuelve el oro en agua regia á la que se agrega después sulfato ferroso en exceso, que precipita el oro bajo forma de polvo impalpable, se decanta y lava repetidas veces este polvo en agua pura, se seca y se muele sobre un cristal con partes iguales de esencia de trementina rectificada, y la misma hecha algo añeja al aire; se le añade 0,1 de borax y se aplica con un pincel fino sobre el vidrio formando los dibujos que se deseen: seco, se mete en el horno donde se funde este barniz fijándose al vidrio y queda un dorado mate. Si se quiere con brillo hay que pulimentarle primero con ágata y después con hematites roja. También se dora al fuego aplicando al cristal el procedimiento del llamado *lustre de oro*, para lo cual se disuelve el oro en agua régia vertiendo amoníaco en exceso, que le precipita en polvo bajo forma de cloruro doble de oro y amoníaco, se decanta, y húmedo aun, se diluye en esencia de trementina de modo que se presente algo claro: se aplica con un pincel sobre el vidrio y se pone al fuego.

El plateado á fuego del vidrio se obtiene con platino en vez de plata, porque ésta se ennegrece; y para ello, el platino en polvo se precipita del protocloruro del platino, calentándole con alcohol y una disolución concentrada de potasa para emplear el primer procedimiento, y para el segundo, á una disolución concentrada del cloruro platínico se agrega el aceite esencial de trementina en cantidad suficiente para formar el barniz que ha de recubrir el vidrio, el cual se lleva después al horno.

1752. Para el dorado y plateado *galvánico* se sumergen los objetos en baños de varios ácidos y finalmente en uno de cianuros, operándose con una pila de Daniell ó Bunsen.

1753. EMBREADO.—Para emplear la pintura de brea se derrite al fuego en una caldera, y cuando está hirviendo se aplica con una brocha, esperando que una capa esté seca para extender la otra.

Tiene por objeto principal el embreado conservar con poco coste la madera donde haya de estar expuesta á humedades, pero tiene el inconveniente de que su color oscuro absorbe los rayos solares, recalienta la madera y desaparece el barniz de la superficie dejando á ésta muy untuosa. Es preferible, por esto, mezclar la brea con asfalto y cal (453).

En donde se quiere hacer que las juntas de la madera no dejen paso al agua se *calafatean* después del embreado; es decir, se las rellena de esto-

pa embreada con un punzón ó cincel. Luego se da una mano ó varias de alquitrán en estado líquido.

ARTÍCULO II

De los andamiajes.

1754. ANDAMIOS.—Con objeto de que los operarios puedan trabajar según se levanta la obra teniendo á mano sus herramientas y materiales y para elevar además éstos, se hace preciso el empleo de armazones de madera más ó menos sólidas llamadas *andamios*, sobre los que puedan trabajar los operarios, situarse las máquinas elevatorias y depositarse los materiales de más inmediata aplicación.

Su estructura es muy varia, dependiente de las obras que han de ejecutarse, de la forma de los edificios y de otra multitud de circunstancias que hacen imposible dar reglas absolutas para su construcción.

1755. Los andamios son *verticales* ú *horizontales*, según sirvan para construcciones en elevación ó para techos ó bóvedas; *fijos* ó *móviles* y entre éstos los hay *volantes*, *corredizos*, *giratorios* y *colgantes* que pueden estar fijos ó correr de arriba abajo. En cuanto á su construcción, los andamios pueden clasificarse en dos grupos: andamios *simples* formados por los mismos albañiles; y andamios *de ensambladura* que deben construir los carpinteros. Los primeros sirven en la construcción de paredes ordinarias, bóvedas ó techumbres de poca altura y de pequeños materiales, empleándose en su formación madera redonda para apoyos y tablones para los pisos. Los segundos son necesarios para construir con materiales pesados, para montaje de armaduras de grandes dimensiones, y en general, para obras importantes cuya construcción ha de llevarse á cabo en varios años. La madera que en ellos se emplea está labrada con los ensambles y herrajes necesarios en una buena obra de carpintería. Estos andamios tienen por lo regular varios pisos que se comunican por medio de escaleras suaves y cómodas y algunas veces terminan superiormente en cubiertas de papel ó tela impermeable y aun de planchas convenientemente dispuestas para poner al abrigo de la lluvia y del sol á los operarios y materiales.

1756. Las condiciones principales que los andamios deben tener son: poseer la necesaria solidez para resistir á los esfuerzos á que accidentalmente han de estar sometidos y ser sencillos y ligeros para que puedan armarse y desarmarse en un tiempo relativamente corto y construirse con la mayor economía posible.

Las maderas que en ellos se empleen han de hallarse en buen estado aunque pueden haber servido en otras obras, siempre que no estén debilitadas por cortes de ensamble, evitando emplear las podridas ó demasiado endebles, pues depende de su seguridad la vida de los operarios. En todo caso, debe evitarse el empleo de una gran cantidad de madera que estorbaría la libre marcha de los trabajos, y en la ejecución de los ensambles se debe cuidar no debilitar mucho las piezas para que puedan servir en otras obras.

Generalmente se van ejecutando los andamios á medida que adelanta la construcción definitiva.

1757. ANDAMIOS SENCILLOS Ó DE ALBAÑIL.—Cuando la altura de la fábrica no pasa de 3 á 4 metros, los albañiles se valen de toneles, cajones ó caballetes como los *C*, *C* de la *fig. 1951*, tendiendo horizontalmente de unos á otros unos tablones *T* para formar un piso sobre el que puedan trabajar.

Para levantar paredes en cuya construcción no entren materiales muy pesados se emplean andamios verticales formados por una fila de postes *as*, *as (fig. 1952)*, llamados *espárragos* ó *almas*, los cuales se hincan en el terreno hasta unos 80 $^c/_m$, acuñándolos después con piedras ó mampostería á fin de que tengan la suficiente estabilidad para sostenerse por sí solos verticalmente. Para ello se levantan á mano por el extremo superior y después por medio de cuerdas que se manejan de la manera conveniente. Cuando las almas son pesadas ó muy largas, esta operación se ejecuta empleando gruas *(fig. 7)* pero reducidas á simples pescantes sujetos por vientos ó cuerdas como los que se emplean para elevar los materiales de que se hablará en el artículo siguiente.

En estos espárragos ó almas distantes de la pared 1^m ó 1^m50 y entre sí de 2 á 3^m, se atan á la altura de 1^m75 próximamente los extremos de unos travesaños *pn (fig. 1952)* llamados *puentes* y también *parales*, que se apoyan por el otro extremo en la pared, según se levanta, dejando para ello unos huecos cuadrados llamados *mechinales*, que unas veces tienen la profundidad de 10 á 15 $^c/_m$ y otras

atraviesan todo el grueso de la pared para la colocación de andamios en el interior del edificio. Sobre los puentes se establece un suelo de tablones *bb* que no contengan nudos saltadizos ni ningun otro defecto que pueda producir rotura, los cuales se atan y disponen unos con otros de manera que no puedan balancear cuando se carguen sus extremos, es decir, que no puedan hacer báscula como lo haría el tablón *aa (fig. 1953)* si faltase la atadura. Nunca es mucho el cuidado que en esto se pone para evitar desgracias, que de abandono en esta parte sobrevienen muchas veces. Este piso queda siempre algo separado de la pared para el fácil manejo de reglones, plomadas y demás medios que se emplean en la ejecución de los paramentos. Los suelos sucesivos de tablones que va exigiendo la altura de la obra, se establecen del mismo modo, descansando los extremos de los puentes en la fábrica y en los espárragos.

Para mayor estabilidad se aseguran unos postes con otros por medio de piezas horizontales *hh (figura 1952)* que colocadas á 1^{m} de los pisos *bb*, pueden servir de antepecho, el cual si no, hay que formarlo para seguridad de los trabajadores.

Mayor es la que se da á estos andamios si se colocan de unos á otros espárragos otras piezas horizontales que á modo de carreras los enlacen y en las cuales pueden apoyarse puentes, dando así más resistencia á los pisos de tablones.

Además de atar bien los puentes en las almas se les hace descansar muchas veces sobre tacos ó ejiones *E* de madera *(fig. 1954)* apoyados en muescas hechas en las almas *P* y clavados además á ellas ó sujetos por medio de pernos. Los puentes se acuñan bien en los mechinales para que no puedan salirse y causar un desplome en los espárragos, lo que pudiera producir la caída del andamio.

A fin de que puedan elevarse los materiales se disponen piezas salientes en lo alto de los andamios, donde se fijan las poleas ó garruchas, cuyas piezas se refuerzan por medio de jabalcones para que puedan resistir el peso y se colocan de manera que las cuerdas del tiro puedan subir y bajar libremente con sus cargas. Cuando los materiales son pesados, la elevación de los mismos se verifica por dentro de los andamios, dándoles en esta parte más resistencia.

1758. Cuando los maderos que constituyen las almas ó espárragos no son bastante largos para alcanzar la altura de la pared, se empalman otros á continuación atándolos sólidamente y apoyando su extremo inferior en ejiones ó tacos ó en los puentes.

Como medio de verificar esta sujeción se puede emplear el cordaje metálico inventado por Harnist. Está formado de una especie de traba *ab (figura 1955)* como la de los caballos, hecha con alambre. Como se ve, abraza los postes *P, P'* apretándolos uno contra otro por medio de la cuña *cc* que se introduce entre el madero *P* y una llave *a* cuyos extremos son abarcados por los lazos de la cuerda. Para apretar la unión se hace uso del tornillo *an*, el cual toma en su boca *a* un botón que tiene la llave y mediante el cual ésta va en la dirección de *a* á *n* estirando la cuerda y dando lugar á que pueda introducirse la cuña y que quede el lazo apretado. Para que la cuña no se corra, queda sujeta por un apéndice de hierro de que está provista la llave y que se clava en aquélla. Estas cuerdas han resistido hasta 10.000 kilogramos sin romperse.

1759. Cuando los materiales hayan de quedar aparentes en los paramentos, no pueden estar los puentes empotrados en la fábrica, pues los tacos con que hubiera que tapar los mechinales serían de muy mal efecto; por esto se procura colocar las almas frente á los huecos de ventanas *(fig. 1956)*, en cuyo caso los puentes *np* se apoyan por el interior del edificio en puntales *ab* llamados *parales* ó en el mismo vano mediante un postecillo *rc* al que se atan; y para evitar que los espárragos se muevan, se afianzan con puntales *mp, op*. Los puentes *n'p'* se atan á los maderos de suelo *M*, si es posible, y entonces no hay ya necesidad del apuntalamiento. También pueden apoyarse en un madero *n''* dispuesto entre dos tabiques ó paredes transversales.

1760. ANDAMIOS VERTICALES FIJOS DE ENSAMBLADURA.—En obras de importancia, ya por su altura, ya porque los materiales son pesados como la sillería, los andamios son obras de carpintería como las de entramados de paredes, practicando las uniones de las piezas como allí por medio de ensambladuras y clavos ó pernos y empleando maderas escuadradas. Estos andamios se pueden componer de un solo entramado paralelo á la pared que sirva de apoyo á los puentes, los cuales unas veces se empotran en mechinales cuando la fábrica lo consiente y otras van á descansar en otro entramado interior pasando por los huecos de ventana ó balcón. Generalmente no se colocan carreras en todos los pisos de tablones sino

en situación alternada, reforzándose su ensamble con las almas por medio de ejiones como el indicado en la *fig. 1954*. Cuando fuera necesario dar más estabilidad y solidez al conjunto, se establecen carreras en todos los pisos ó se emplean jabalcones, tornapuntas ó cruces de San Andrés en los cuadros formados por las carreras y los espárragos, y también dando á éstos alguna inclinación hacia la pared.

En esta clase de andamios hay que reforzar y alargar en muchos casos los espárragos, formándolos de piezas que se acoplan á junta plana, teniendo una de ellas la mitad de la altura que las demás, tal como la *ar (fig. 1957)*, para colocar sobre ella la pieza *ac* y sobre la cabeza de la *br* la otra pieza *bd*, cuyos empalmes se ligan bien con sogas ó mejor empleando grapas, cinchos ó pernos, de manera que resulte un poste resistente.

Cuando no pueden hincarse en el suelo los espárragos ó almas de un andamio, como sucede en los patios ya enlosados, se pueden fijar en soleras tendidas en el piso del mismo modo que los entramados de paredes sobre el citarón de fábrica (711) ó de la manera que se indica en la *fig. 1958*, donde se ve que el espárrago *E* puede fijarse entre dos soleras *aa*, quedando como encepado, y sujetarlo por medio de pasadores ó pernos. Para la línea del andamio normal al anterior se colocan otros cepos *cc* que abrazan además del espárrago de ángulo *E*, el *F* que corresponde al andamio siguiente, ligando la unión con pernos ó sogas, como se indica en la figura.

1761. Si los puentes no pueden apoyarse en mechinales ni tampono en otro entramado interior y la fábrica es de importancia por el peso de los materiales que han de formarla, se establecen los andamios de manera que puedan sostenerse por sí solos haciendo una armazón de entramados como la indicada en frente y costado en la *fig. 1959*. Sobre un emparrillado *bb*, *b'b'* hecho de maderos encepados unos en otros, se levantan las almas *A*, *A*, *A'*, *A'* en las que apoyan á la altura de los pisos las carreras longitudinales *cc*, *c'* que en unión de las transversales *r*, *r'r'* forman una trabazón sólida y sirven para establecer sobre ellas los pisos del andamio, á cuyo fin se intercalan piezas intermedias *s*, *s* en los puntos más convenientes para que los tableros *tt*, *t't'* ofrezcan la resistencia suficiente á la carga que sobre ellos ha de gravitar. Se apean además las carreras por jabalcones *J*, *J* y se enlazan unos pisos con otros por medio de tornapuntas *T*, *T* para proporcionar estabilidad al andamiaje, cuyo objeto se consigue también dando cierta inclinación ó talud á los entramados del frente y costados en vez de hacerlos verticales. Las carreras transversales *r*, *r'r'* que hacen de puentes sobresalen por lo general de la línea de las almas para obtener mayor anchura de la comprendida por la armazón, en cuyo caso se apean sus extremos con pequeños jabalcones *r'o*.

1762. En la parte de andamio destinada á elevar los materiales y por lo tanto para la colocación de las poleas, tornos ó cabrias, se asegura la estabilidad de las almas por medio de aspas ó cruces de San Andrés y se refuerzan ó aumenta su resistencia, ya empleando madera de mayor escuadría ó diámetro, ya acoplándoles otras que se sujetan fuertemente á las primeras por medio de cinchos y pernos ó clavos.

Muchas veces se forman para este objeto unos andamios llamados *castillejos* como el representado en la *fig. 1960*, el cual consta de cuatro postes *P*, *P*, *P*, *P*, más resistentes y de mayor altura que los espárragos ó almas del andamiaje restante, los cuales se enlazan por medio de piezas horizontales dispuestas á la altura de los pisos de trabajo del andamio general, cuyo sistema se refuerza con aspas ó cruces de San Andrés, dejando libre el espacio rectangular interior para subir por él los materiales como se indica en la figura.

1763. En la construcción de obeliscos, monumentos ú otras obras aisladas, el andamio se adapta á la forma de éstos de manera que quedan dentro de él como en la *fig. 1961*. En este castillejo, las piezas inclinadas ó tornapuntas *T*, *T*, cuyo objeto es dar estabilidad al andamio, sirven al propio tiempo para apear ó presentar punto de apoyo á las carreras ó puentes *cd* en que descansan los tablones de los pisos. La secciones horizontales *AA*, *BB*, demuestran la formación de este andamio, así como la *fig. 1962* que representa la proyección horizontal vista por encima antes de poner la barandilla.

Los castillejos de monumentos en que la base es muy reducida con respecto á su altura, afectan la forma de un tronco de pirámide, para darles estabilidad contra los embates del viento. En el representado por la *fig. 1963*, construido para levantar el campanario terminado por un chapitel en la catedral de Chalóns (Francia), se aprovecharon los

huecos donde están las campanas para enlazar los cuatro lados del andamio por medio de las piezas horizontales H, H, H, que dan una gran estabilidad al castillejo. En otros andamios se disponen las piezas horizontales en sentido diagonal uniendo las aristas opuestas de la pirámide.

1764. ANDAMIOS QUE SE APOYAN EN LA MISMA OBRA.—Sucede muchas veces que para no obstruir ó dificultar el tránsito público hay que levantar las fachadas sin recurrir á los andamios exteriores. Pueden entonces apoyarse los extremos exteriores de los puentes db (*fig. 1964*) en tornapuntas ad, cuyos pies se fijan con mezcla en un hueco de ventana, en una cornisa ó en un mechinal, sujetando el otro extremo b del puente en un pie derecho bc adosado al paramento interior de la pared, la cual no le permite perder su posición. Se puede evitar este poste si hay medio de sujetar con seguridad el extremo del puente en un mechinal para que no se pueda salir, pues en este caso el peso del poste ó alma A haría balancear el piso db del andamio.

Se establecen también los tablados de los andamios sobre puentes ab (*fig. 1965*) que descansan por su medio en el muro como indica la figura: se llaman en este caso andamios *de báscula* y entonces hay necesidad de atar el extremo interior b del puente á un postecillo bc que se sujeta por su extremo inferior á los maderos del suelo para que no pueda balancear el puente ab. Se necesita además tener sumo cuidado de que el andamio esté cargado igualmente por los dos lados de la pared para que el peso del uno si es mayor que el del otro no lo venza y ocasione la caida de materiales y personas.

El andamio de báscula se dispone otras veces como indica la *fig. 1966*. Fuertes piezas de madera ab se colocan horizontalmente sobre el muro evitando su balanceo por medio de ligaduras cd con los maderos del suelo M, interponiendo un ostecillo P y un tarugo T cuando se tienen los os pisos M, M'. Sujeto sólidamente el puente ab, eden ya establecerse sobre él los postes como en terreno, para lo que se atan sus extremos inferios a con sogas ó se sujetan con una armadura de adera ó hierro y mejor con manguetas como las dicadas de puntos.

En la *fig. 1967* presentamos un ejemplo de anmio aplicado á la reparación de una bóveda, en cual se aprovecha el hueco de las ventanas para establecer un entramado de báscula ab sobre el cual va otro cd apoyado en postecillos P, P, y cuya parte más volada dv se suspende de péndolas N sujetas por su extremo superior en piezas mn que reciben una carga provisional D para contrapeso. La *fig. 1968* detalla el ensamble y encepado de las diferentes piezas que forman la parte inferior del andamio dispuesta en las ventanas.

1765. El andamio representado en la *fig. 1969* abraza los dos lados de una pared y se establece sobre tornapuntas ó jabalcones ts, ts, que están apoyados en los huecos de ventana y sobre postecillos P ensamblados en ellas, estando asegurada la estabilidad por medio de manguetas mm, pp, que enlazan dichas piezas con un poste an adosado á la parte construida y encajado por su pie a en la fábrica de la pared ó en una solera.

La *fig. 1970* es otro ejemplo en el que se aprovechan los huecos de una fachada que están unos sobre otros para establecer pisos de andamio á uno y otro lado de la misma. Los jabalcones jc, $j'c'$ pasan en este caso por entre los maderos de suelo M, y si el piso correspondiente es de bóveda la atraviesan dejando al efecto el correspondiente agujero al construirla.

1766. ANDAMIOS HORIZONTALES.—Por la parte interior de un edificio se aprovechan los maderos de suelo, según se van colocando, para extender sobre ellos los tablones por los que han de andar los trabajadores y en los que han de descargarse los materiales. Cuando ya no alcanza el operario la altura del muro, se colocan en el suelo pipas, caballetes groseros y demás objetos análogos sobre los que se extienden los tablones.

Cuando las bóvedas son de tabicado ó de hojas, ó cuando se hacen los cielos rasos ó retundidos de bóvedas, se establecen verdaderos andamios horizontales. Para ello, se apoyan inclinados contra las paredes opuestas de una crujía parales bc (*figura 1971*), separados entre sí de 2 á 3 metros. Á estos se atan los puentes dd sobre los que se establece el suelo del andamio formado de tablones. Si las crujías son demasiado anchas para que alcancen de una pared á otra los puentes, se empalman dos como en la figura, teniendo cuidado de apuntalar su unión con un postecillo P para que puedan con la carga. El tablero debe estar de modo que queden libres unos 6 centímetros entre la cabeza de los albañiles y el techo.

Cuando pueden hacerse agujeros ó mechinales en

las paredes, entran los puentes en ellos suprimiéndose los parales *cb*, los cuales, elevándose por cima del andamio obligan á interrumpir el enlucido y hacerlo cuando se ha desmontado aquél, resultando de este modo unos parches ó faltas de continuidad con el resto del enlucido.

Deben evitarse los resaltos y balanceos en los tablados, no dejando tampoco mucho espacio entre las tablas, pues los albañiles al enlucir el techo, si es con yeso, se dan tal prisa para que no se les muera, que corren por el andamio sin atender donde ponen los pies.

1767. Los andamios necesarios para construcción de bóvedas, son las mismas cimbras sobre las cuales se establecen tablados horizontales, según convenga, formados con maderos y tablones, apoyándose para ello muchas veces sobre la misma bóveda según se voltea ó sobre los sillares ya sentados. En la *fig. 1972* se presenta un perfil vertical del andamio levantado para la construcción de la cúpula de los Inválidos (París), cuyo andamiaje tenía sus pisos de tablones enlazados con la armadura de la cúpula exterior ó domo (795), por medio de herrajes *rh*.

1768. Para la armadura de una cubierta se emplean andamios horizontales dispuestos al nivel de los arranques ó apoyos, y si los cuchillos tienen grandes dimensiones, el manejo de las grandes piezas que los componen exigen otros pisos de tablones sobre el primero, los cuales pueden apoyarse en las mismas piezas ó postes de cuchillo que se van montando. Cuando son muchos los cuchillos que constituyen la armadura, se emplean los andamios volantes ó corredizos de que vamos á tratar.

Para cubrir tejados de mucha pendiente ó para hacer en ellos reparaciones, se puede hacer uso de unos caballetes triangulares *(fig. 1973)* formados con tablas y sentados sobre haces de hierba ó paja para que no resbalen y que sirven para establecer tablas de unos á otros y presentar un suelo á los operarios.

1769. ANDAMIOS VOLANTES. — Cuando una obra es de mucha longitud y puede ejecutarse sin llevarla á nivel en toda su extensión, se adoptan los andamios *volantes*, es decir, que puedan desmontarse en todo ó en parte para trasladar las piezas de que se componen y armarlos á continuación á medida que adelanta la obra.

Para este fin se componen por lo regular de tres ó más entramados verticales como el lateral de la *fig. 1959*, los cuales se disponen normales á la obra que se ha de construir y se establecen entre ellos los pisos de trabajo: se desarma la parte de andamio por donde se empieza el trabajo cuando ya no hace falta, por haber levantado en esta parte la obra á toda su altura y se arma á continuación del tercero, al cual se enlaza por las mismas carreras y piezas con que lo estaban el primero y segundo sirviendo de apoyo á las tablas que forman los pisos del andamio, y se sigue esta marcha hasta el extremo opuesto de la obra.

Los andamios apoyados en la pared que se han representado en la *fig. 1969* y *1970*, pueden considerarse como volantes porque son susceptibles de desarmarse parcialmente los que corresponden á huecos ó vanos ya terminados y montarse en otros antes de construirlos, enlazándose con los tablados que forman los pisos del andamio.

1770. Cuando se construyen las paredes de hormigón, pueden hacerse los andamios con palomillas *dca (fig. 339)* que se fijan en la parte ya construida por medio de las clavijas cónicas *aa*, *bb*, que entran en los taladros dejados en el hormigón inferior. Estas palomillas se disponen á 2 metros unas de otras á uno ó ambos lados de la pared y sobre ellas se tienden los tablones del piso. El andamio se desarma y arma siguiendo la marcha de construcción de los cajones de hormigón.

En paredes entramadas de hierro se simplifican los andamios valiéndose también de cartelas metálicas que se fijan en los postes por medio de pernos, los cuales se colocan en los taladros practicados para el ensamble de las piezas del entramado, y que se sustituyen por los definitivos á medida que las paredes se elevan y lo exigen las necesidades del montaje.

1771. ANDAMIOS CORREDIZOS.—Lo mismo que los volantes pueden estos andamios mudarse de sitio, pero con la ventaja de que no se desarman para ello y se evita su trabajo y el de los armados sucesivos. Se componen generalmente de dos entramados ó cerchas verticales enlazadas una con otra como los castillejos, cuya forma toman algunas veces, estando montado el conjunto sobre ruedas, rodillos ó patines para poder correr ó resbalar sobre carriles ó canales que se fijan en el suelo ó en la obra. Se emplean en construcciones de gran longitud y de un ancho y alto constantes como galerías, almacenes, etc., etc.

Los andamios corredizos más sencillos son unos

castillejos montados en ruedas para que puedan correr sobre un suelo firme á nivel, cuya condición es la principal que debe cumplirse para aminorar el esfuerzo necesario al movimiento. Éste se imprime por medio de palancas *P, P'* (*fig. 1974*), cuyo extremo entra en el eje de las ruedas dando el impulso á todas á la vez.

1772. Un andamio sólido empleado para los trabajos interiores de una bóveda representa la *figura 1975*. Sobre una sólida plataforma *ab, a'b'*, en la que están montadas cuatro ruedas *R,R,R',R'*, se levantan tres cuchillos formado cada uno de ellos de cuatro piezas inclinadas *dc, de*, que se cruzan ofreciendo divisiones triangulares y por lo tanto invariables, y enlazándose unos cuchillos á otros por las piezas horizontales ó correas *C, C*, sobre las cuales y sobre unos postes *P, P* apoyan los puentes *nt* del andamio, sirviendo al propio tiempo para consolidar y dar resistencia á dichos cuchillos.

1773. La *fig. 1976* hace ver en planta y proyecciones verticales de frente y sección, un andamio de sencilla estructura compuesto de tres entramados ó cuchillos verticales formado cada uno de dos piezas ligeramente inclinadas *ac, ac*, que ensamblan por sus extremos superiores en otra horizontal *cc* y se enlazan entre sí por la triangulación que se establece con las aspas *A, A*. Por su pie descansan en soleras *a, a, a'a'*, que unen los tres cuchillos y encepan además los ejes *ee, e'e'* de las ruedas, formando con ellos las dos bases del andamio, las cuales se mantienen en situación horizontal para que lo estén dichos ejes, por medio de manguetas *mt* fijadas en las piezas inclinadas *ac, ac*, estando unas y otras abrazadas por dobles tirantes *tt*. Los tablones de los pisos están clavados sobre los tirantes y sobre puentes *pp, p'* apeados por jabalcones *J*, sirviendo así de enlace á los tres cuchillos, que además están unidos por cruces de San Andrés, como se ve en la sección vertical de la derecha, las cuales fijan entre sí las tres piezas inclinadas de cada lado del andamio. Los ejes de las ruedas se aseguran en su posición horizontal por medio de cuadrales *C, C'* ensamblados en ellos y en las soleras, pero se comprende que tendrían más estabilidad si estuvieran en una misma pieza horizontal cada par de ruedas, según se indica de puntos en la figura. La disposición de las ruedas y de sus ejes con las piezas que en ellos ensamblan, se detalla en la *fig. 1977*.

1774. El gran andamio empleado en el siglo pasado para restaurar la nave central de San Pedro de Roma, de 27 metros de luz, se compone de dos cerchas como las de una cimbra poligonal (*figura 1978*), pero algo inclinadas una contra otra para su mayor estabilidad, según se observa en la sección vertical, las cuales descansan sobre dos plataformas *bb*, una á cada lado, y se enlazan entre sí por las piezas horizontales *c, c, c'c'* sobre las que se establecen los pisos de tablones, arriostrándose además por otras *r, r'r'* en combinación de aspas ó cruces de San Andrés dispuestas como se indica en la sección de la figura. El andamio marchaba con ocho ruedas sobre un tablado dispuesto en las cornisas y apoyado en el resalto del arquitrabe por medio de jabalcones *J, J'* y el movimiento se comunicaba por medio de polipastos sujetos en la fábrica tirando á la vez de las cuerdas por ambos lados de la bóveda. Las *figs. 1979* y *1980* detallan en frente y sección la disposición de la plataforma con las ruedas.

1775. La gran nave ó crujía de 34^{m} de luz de la Exposición de París de 1867, se ejecutó con varios andamios, de los cuales representamos uno de frente y costado en la *fig. 1981*. Entre dos fuertes bastidores *aa, a'a'*, uno á cada lado, se levantaban los postes *P, P, P'* enlazados por arriba por la armadura del tablero superior *hh, h'h'*, en el que había establecida una vía férrea sobre la que marchaban las gruas horizontales *G, G'*, que sirvieron para subir los sectores en que se dividieron los cuchillos de armadura de cubierta. La estabilidad de los postes se completaba por medio de las tornapuntas *T, N*, sirviendo éstas para enlazar los dos costados del andamio en unión de las piezas horizontales que lo arriostran á diversas alturas. Á esta parte delantera del andamio seguía otra más baja que tenía un piso poligonal *bdc, b'c'* que sirvió para hacer el ajuste y roblonado del arco, de las correas y del palastro ondulado de la cubierta. Tenía además otros dos tableros salientes en cada costado á diversas alturas *B, B', C, C'*, para la colocación de las carreras y montantes donde encajaban las vidrieras laterales. Corría todo el andamio sobre cuatro filas de carriles pareados, ó sean ocho, y mediante dieciseis rodillos dispuestos como detalla la *fig. 1982*, á los cuales se imprimía movimiento con las palancas *P*.

Otro andamio corredizo, empleado también en la construcción de la misma nave del Palacio, presentamos en la *fig. 1983*. Es más sencillo que el an-

terior y tiene, como se ve, unos tableros de trabajo *bac*, inclinados en el centro y con escalones en los costados para fijar el palastro ondulado de la cubierta.

1776. ANDAMIOS GIRATORIOS.— Aunque la construcción de edificios de planta circular ó poligonal regular, se lleva á cabo generalmente con andamios fijos, conviene muchas veces armar después uno más ligero que pueda girar en un eje vertical para los trabajos accesorios del revestimiento interior de las cúpulas ó de las cubiertas cónicas.

Por lo comun, se compone un andamio giratorios de dos cuchillos dispuestos en dirección de dos meridianos, los cuales se enlazan perfectamente presentando los tablados ó pisos escalonados para que el operario pueda aproximarse al techo y trabajar en él. Este andamio necesita tener bien fijos los dos quicios, alto y bajo, en los que entran los espigones del eje de rotación y se apoya por la circunferencia que describe al moverse en ruedecillas que resbalan sobre un carril circular.

Tratándose de cúpulas poco importantes por sus dimensiones, puede aplicarse el ligero andamio que representa la *fig. 1984*, consistente en un árbol central de giro *ac* que tiene en su pie *a* una plataforma donde descansan dos bastidores *bb'*, *dd'*, los cuales se enlazan por sus otros extremos con un tablero *tt* por medio de juegos de charnela que le permiten subir y bajar conservando su horizontalidad. Este movimiento se verifica tirando ó aflojando una cuerda *dpn* que tiene un extremo *d* atado al tablero móvil y pasa por una polea *p* fijada al árbol. Para hacer correr horizontalmente al tablero móvil se hace girar el árbol *ac*, el cual arrastra todo el andamio en su movimiento.

1777. En la restauración de la cúpula del Panteón de Roma se empleó un andamio giratorio digno de estudio y que representamos en la *fig. 1985, lám. LXV*. Estaba compuesto de dos cerchas formada cada una de dos arcos enlazados por manguetas normales y reforzados con un atirantado de hierro formando aspas á uno y otro lado. Las dos cerchas se unían además por piezas horizontales *c*, *c'c'* que á modo de correas servían además de apoyo á los puentes *cp* para el establecimiento de los tableros de trabajo, y estaba consolidada su invariabilidad con cruces de San Andrés hechas con varillas de hierro forjado, las cuales unían los arcos interiores de las cerchas, sirviendo al propio tiempo de barandilla á los operarios. La unión de las cerchas por su parte superior lo estaba por medio de dos zoquetes gruesos de madera *ot* entre los que entraba el eje vertical *ev* fijado sólidamente en la linterna, manteniéndose la unión dicha en su posición por medio de un fuerte collar *os* apoyado en fuertes ejiones *eo* sujetos en el extremo inferior del eje. La parte inferior de cada cercha tenía unidos sus dos arcos por el intermedio de un fuerte zoquete, y el movimiento se efectuaba por una rueda que marchaba sobre la cornisa de la bóveda, valiéndose para ello de polipastos que se fijaban de distancia en distancia según iba pidiendo la marcha de la obra.

1778. ANDAMIOS COLGANTES Ó SUSPENDIDOS.—En obras nuevas, los mismos andamios que han servido para la construcción de los muros, se aprovechan muchas veces para revestir ó revocar los paramentos, desmontándolos al mismo tiempo que se va descendiendo. Esto, sin embargo, obliga á dejar los andamios en pie durante mucho tiempo, lo cual los destruye y hace que se tenga empleada una gran cantidad de madera que es en otras partes necesaria, por lo que se hace uso de andamios llamados *colgantes ó suspendidos*, los cuales son también volantes, pues se pueden trasladar de sitio. Tienen su aplicación cuando se trata de repasar ó restaurar las edificaciones, revestirlas ó pintarlas y algunas veces completar una construcción.

Se reduce algunas veces á una cuerda de nudos fijada en la parte superior de la pared y de la que se cuelga el operario, el cual está sentado en una banqueta de madera que tiene dos tirantes fijados á la cuerda por medio de ganchos de hierro, sujetándose además el trabajador por debajo de las rodillas mediante dos correas que se unen á la cuerda. De este modo quedan libres los brazos del operario, el cual puede subir ó bajar uno después de otro los cuatro corchetes.

Los andamios más sencillos de esta clase se forman de un tablón ó dos *(fig. 1986)*, sujetos en travesaños *tt* colgados de poleas *a* mediante fuertes cuerdas con las que sube ó baja el andamio si se tira por el extremo *c*. La cuerda, después de pasar por la polea, vuelve algunas veces al andamio como se indica de puntos, para que los mismos trabajadores que están en él puedan subirlo ó bajarlo á su voluntad. En este caso se emplean, sin embargo, polipastos *(fig. 1987)* que favorecen el trabajo y

facilitan por lo tanto los movimientos del andamio en su bajada ó subida.

Para más seguridad de los operarios, se ha ideado una jaula *(fig. 1988)* formada de un cajón de palastro suspendido de cuatro varillas *V* que unidas dos á dos están á su vez colgadas de otra *dad* y ésta de un polipasto *P*. Unas varillas que se enganchan como aldabillas según se ve en *g*, forman la baranda y preservan de todo peligro al operario que está dentro. La jaula está guiada en su ascenso ó descenso por la cuerda *cc* que pasa por una anilla que hay en la baranda pudiendo ladearse el aparato cuando tiene que salvar algún resalto, por medio de una cuerda *D* atada á la cadena *nn*.

1779. Se componen también estos andamios de dos ó más piezas *ab (fig. 1989)* sujetas en lo alto de la pared por tornillos *T*, y mejor por cuerpos pesados que equilibren la carga del andamio, de cuyas piezas se suspenden ó cuelgan unas péndolas *cd* unidas entre sí por listones horizontales *e* que forman una escalera y en cuyo medio se fija con un pasador otra pieza inclinada *ag* que se ensambla por su extremidad superior con la pieza *ab* y por la inferior en el puente *dg* colgado de la péndola, el cual puede apoyar en un resalto de la pared. Los tablones del piso se tienden sobre dichos puentes.

En la *fig. 1990* se representa un andamio colgante en el que los tablones se apoyan sobre unos bastidores *abcd* suspendidos de piezas *eb* fijadas sólidamente en lo alto del muro. Á lo largo de los bastidores hay clavijas *mn* ó agujeros para colocarlas, con el objeto de poder bajar los tablones y variar de altura el suelo que forman.

Los andamios colgantes se forman otras veces de péndolas pareadas *ps, p's' (fig. 1991)* que encepan por arriba en las piezas de madera *a, a'a'* para suspenderse de ellas y que reciben del mismo modo por su parte inferior los puentes *n, n'n'* apoyados en palomillas *P, P* y sobre los que va el tablero de trabajo. Las péndolas se mantienen inmóviles en su situación vertical por medio de las cruces de San Andrés *A* que sirven al mismo tiempo de barandilla, y los puentes se enlazan además por otras aspas dispuestas por debajo del tablero, presentando de este modo el conjunto una gran firmeza.

1780. Tratándose de la restauración ó pintura de bóvedas donde se han dejado garfios ó ganchos de resistencia bastante para sostener el andamio, se cuelga éste de ellos disponiéndolo de manera que presente tableros á las diversas alturas que sea necesario trabajar.

La *fig. 1992* ofrece un ejemplo de esta clase de andamios empleado en la Iglesia de Santa María de Roma, el cual descansa en la cornisa y está apoyado por unos jabalcones *J, J'* que apoyan contra el resalto del arquitrabe. Las péndolas *pn* que lo forman, están colgadas de ganchos empotrados en la bóveda y enlazadas por piezas horizontales ó puentes *ts*, asegurándose contra la bóveda por medio de cuerdas *cd* sujetas en otros ganchos. La *fig. 1993* detalla la disposición de la base del andamio sobre la cornisa y arquitrabe y la *figura 1994* el ensamble ó cruce de las péndolas con los puentes.

Otra disposición de andamio colgante está representada en la *fig. 1995*, cuya simple inspección es bastante para comprender su estructura.

1781. COLOCACIÓN Y DESARME DE LOS ANDAMIOS.—Los andamios se arman generalmente empezando por la base y levantándolos á medida que adelanta la obra, la cual sirve de apoyo provisional para la colocación de algunas piezas. Cuando los andamios son colgantes sucede lo contrario, pues se da principio á su formación colocando las piezas superiores ó suspendiéndolas, según sea necesario, valiéndose para ello de escalas ó cuerdas por las que sube ó baja un operario con objeto de hacer el enganche de las primeras piezas que otros ponen á su alcance.

1782. El desarme de los andamios se verifica por regla general en sentido contrario á su colocación y valiéndose de los mismos medios. Los andamios fijos se desarman pieza á pieza empezando por la parte superior y á medida que no son necesarias. En andamios movibles, sean volantes, corredizos ó giratorios, se adoptan marchas diversas según es su disposión, separando sus partes y desarmándolas parcialmente, y cuando son colgantes se sigue un procedimiento inverso al de su colocación.

1783. Antes de desarmar un andamio y á medida que se practica esta operación, se van tapando los mechinales y se refinan ó repasan los sitios donde el apoyo del andamio lo impedía.

Debe cuidarse también que la madera no se deteriore ni choque contra la obra ó apoye en ella, si esto pudiera causar alguna rozadura ó desperfecto, guiando al efecto las piezas con cuerdas que se

mantienen tirantes en las direcciones convenientes, aflojándolas poco á poco hasta que la pieza está en el suelo sin deterioro alguno.

ARTÍCULO III

Aparatos ó medios auxiliares de transporte y elevación de los materiales en las obras.

1784. MEDIOS DE CONDUCCIÓN.—La espuerta empleada para transportar la arena y la tierra, los cubos para el agua y las artesillas ó gavetas para las mezclas son bien conocidos de todos, así como la manera de usarlos, para que nos detengamos en su explicación. Diremos, sin embargo, que la espuerta tiene de cabida unos 10 litros, el cubo es de una capacidad de 10 á 15 litros y la gaveta puede contener de 4 á 6. También son conocidos el carro, cuya carga llega algunas veces á un metro cúbico de piedra, y la carreta que se aprovecha para transporte de grandes pesos.

Los rodillos de madera, que son tan usados para el arrastre de sillares ó grandes piedras y las zorras que tienen el mismo objeto, han sido ya explicados en su manejo (62).

La *parihuela*, no tan conocida *(fig. 1996)*, se compone de dos varas paralelas *aa*, *bb*, en las que se clavan atravesados unos palos ó se fija un tablero ó un cajón, como se indica de puntos: sirve para el transporte de piedras ú otros materiales cogiendo dos hombres los extremos de las varas, uno delante y otro atrás.

La *carretilla*, que puede ser de madera ó de hierro, se forma de dos varas no paralelas *aa*, *dd* *(fig. 1997)*, que en el extremo donde más se acercan apoyan en una rueda de 40 á 50 c/m de diámetro y por el otro están adelgazadas para poderlas coger con las manos un operario. Sobre estas varas se forma un cajón, como indica la figura, cuando ha de transportar materiales pequeños ó mortero y cuya cabida es de 30 á 50 decímetros cúbicos. No lleva más que la tabla delantera *(fig. 1998)*, si los materiales son piedras, ladrillo, teja, etc.

Para facilitar la carga tienen las carretillas dos pies *P*, *P*, ensamblados á las varas, los cuales mantienen la caja ó tablero en la posición conveniente mientras dura dicha carga. La descarga se puede verificar volcando la carretilla por uno de los costados cuando el material lo consiente.

El *volquete (fig. 1999)*, de un uso muy conveniente para el transporte de tierras y materiales análogos, es un carro cuya caja de $0^{m3}500$ de capacidad tiene el fondo y tres paredes perfectamente unidas, pudiéndose quitar y poner la cuarta *T* ó sea la de atrás llamada *tablilla*, que es un tablero que entra en dos ranuras formadas en las paredes laterales por medio de listones. Quitada esta tablilla se carga y descarga cómodamente el volquete, facilitándose esta última operación inclinando hacia atrás la caja, como se indica de puntos en la figura; para cuyo objeto los varales no son la prolongación de los largueros *bb* del bastidor, sino que están separados *e'a'* y se colocan al costado exterior de su respectivo larguero, uniéndose á ellos por un pasador que atraviesa ambas piezas por el punto *e*, *e'*, permitiendo de este modo el giro y que la caja pueda volcar sin necesidad de desenganchar la caballería de los varales *e'a'*, que es lo que hay que hacer con los carros ordinarios. Para que este giro no pueda tener lugar durante la carga y conducción, van provistos, tanto los varales como los largueros de cada lado, de un aro de hierro *b*, *b'*, que se corresponden cuando los varales están en su sitio y por los cuales se atraviesa un palo *P*, *P'*, para impedir todo movimiento. Esta sujeción se consigue también por medio de un gancho fijo en la caja y que entra en un ojo clavado en los varales.

En el arrastre de vigas se hace uso de un juego de ruedas con su eje y una lanza que algunas veces apoya en una rueda delantera *D (fig. 2000)* suspendiéndose la viga *V* por medio de cuerdas ó cadenas dispuestas en el eje y en la lanza. Este aparato se llama *diablo*.

Para la conducción ó transporte de sillares y grandes mampuestos se emplea el *cangrejo (figura 2001)*, formado de un bastidor fuerte de madera *bb*, de $1^{m}60$ por 1 próximamente de largo y ancho, revestido de tabla gruesa, cuya cara superior se refuerza á veces con barras planas de hierro para que resistan el rozamiento de los materiales y montado sobre dos ruedas de poco diámetro. Este bastidor tiene en su medio una lanza *ax* que casi siempre llega hasta la parte posterior *a'* y está atravesada por listones de madera ó barras de hierro *hh*, á los que se agarran los operarios para arrastrar el carro. El tablero conviene que esté por cima de las ruedas para que éstas no tropiecen con los materiales, lo mismo durante la marcha que cuando se carga ó descarga, cuyas operaciones se

facilitan inclinando aquél hacia atrás como el volquete. En el extremo x de la lanza hay un fuerte gancho de hierro para enganchar una ó más caballerías que ayuden á los operarios.

El cangrejo tiene á veces un torno T en el que se enrolla una maroma ó cuerda que sirve para arrastrar los sillares y entrarlos en el cangrejo cuando éste se inclina, ayudándose la operación con rodillos que sirven luego para descargar.

El *carretón* es un vehículo parecido al anterior, aunque no tan fuerte y con paredes de poca altura hechas de tablón en los cuatro bordes del tablero que forman una caja, según se indica de puntos en la figura y teniendo de este modo una capacidad de 0,160 á 0,200 de metro cúbico.

Tanto el cangrejo como el carretón pueden tener dos varales y cuatro ruedas cuando se les quiere dar más estabilidad y resistencia.

El *vagón* y la *vagoneta*, que se emplean en algunas obras de importancia donde se construyen vías férreas para el transporte de la sillería ó de grandes piezas, constan de un tablero fuerte de madera clavado en un bastidor igualmente sólido, montado sobre cuatro ruedas *(fig. 2002)*. Pueden transportar un peso de 2 á 3.000 kilogramos y si se les guarnece de paredes ó bordes altos, tienen una capacidad de $1^{m3}500$, necesitando en estos casos ser arrastrados por caballerías. Los ejes de las ruedas están invariablemente unidos á ellas por medio de una chaveta como la indicada en r *(fig. 129)*, uniéndose al bastidor por unas cajas llamadas de grasa, dentro de las que giran. Las ruedas, que tienen un diámetro de 50 á 80 $^c/_m$, son ordinariamente de hierro fundido con un ancho de llanta de 10 $^c/_m$ aproximadamente llevando un reborde saliente por el lado interior de la vía *(fig. 2003)*, para que no puedan salirse de ésta, y una superficie cónica poco sensible en la parte que descansa sobre los carriles, con objeto de que en las curvas no haya resbalamientos, pues que siendo mayor el desarrollo del carril exterior, si las ruedas son iguales y dan las mismas vueltas, una de ellas tendrá que resbalar mientras la otra gira, lo que se evita con la conicidad en atención á que al entrar el vagón en la curva tiende por la fuerza centrífuga hacia el carril exterior E, y por lo tanto, el reborde de la rueda de este lado se acercará á este carril aumentando su circunferencia de contacto al par que el de la rueda interior I disminuirá. Dicha conicidad es ordinariamente de $^1/_{10}$

Los vagones destinados al transporte de tierra tienen en vez de tablero un cajón que girando por un eje se inclina hacia un lado ó hacia otro vertiendo de este modo las tierras, ó insistiendo sobre un pivote central puede verter á voluntad, ya hacia adelante, ya hacia los costados.

1785. En todos los vehículos debe buscarse la robustez y sencillez de su construcción, porque de lo contrario exigen frecuentes y costosas reparaciones además de entorpecer el trabajo.

Sus ejes han de estar perfectamente engrasados para facilitar el giro y evitar que se desgasten é inutilicen si se caldean demasiado, procurando además que no pueda introducirse tierra ó arena, especialmente en las cajas de grasa de los vagones, por su mayor importancia. La grasa que se emplea es, en los carros ordinarios, el sebo macerado en el verano y el aceite ó tocino en el invierno. En los vagones se emplea exclusivamente el aceite.

1786. La conveniencia de unos ú otros medios de transporte depende de la distancia á que deben conducirse los materiales. Las espuertas ó gavetas, así como las parihuelas, son los útiles que se usan en distancias menores de 30 metros ó cuando el camino de conducción no permite más que el paso de los hombres. De 30 á 70 metros, el vehículo que más económicamente puede emplearse es la carretilla, y si la distancia pasa de 70 metros y no llega á 160, el transporte conviene hacerlo en carretones de dos ruedas ó de cuatro. Se emplea el volquete de una sola caballería para distancias comprendidas entre 160 y 350 metros, el carro de dos caballerías para mayores distancias y los vagones sobre vías férreas cuando la cantidad de materiales que hayan de transportarse sea de consideración.

Influye también en la elección de estos medios de transporte la disposición de la obra y el volumen ó peso de los materiales, los cuales, si pesan mucho, exigen, aun para pequeñas distancias, el empleo de fuertes vagones que han de marchar sobre carriles.

1787. ESTABLECIMIENTO DE CAMINOS Ó VÍAS PARA EL TRANSPORTE.—El camino que han de recorrer los vehículos ordinarios ha de presentar dureza bastante para que aquéllos y los motores no se hundan, echando para ello un firme como el de las carreteras ó tendiendo unos tablones á lo largo del camino que han de recorrer.

Las vías de hierro, que son necesarias para la marcha de los vagones ó vagonetas, se compo-

nen de dos barras de hierro paralelas *I, E (figura 2003)* llamadas *carriles* ó *rieles*, las cuales están separadas lo que pide la distancia interior entre los rebordes de las ruedas que varía entre 30 centímetros y 1 m 50. Estas barras descansan sobre otras piezas transversales de madera *T* llamadas *traviesas*, colocadas normalmente á la dirección de la vía y equidistantes entre sí de 60 á 100 centímetros.

La rasante de estas vías se procura hacerla horizontal ó con la menor inclinación posible. En las curvas se levanta algo el carril exterior para contrarrestar la fuerza centrífuga, que sin esta precaución haría descarrilar los vagones.

La sección transversal de los carriles puede ser rectangular constituyéndolos con barras de hierro de unos 60 milímetros de altura por 12 de grueso puestas de canto *(fig. 2004)*, las cuales entran en unas muescas practicadas en las traviesas, fijando su posición de una manera invariable por medio de cuñas *c, c' c'*, y algunas veces por el intermedio de piezas de fundición llamadas *cojinetes (fig. 2005)*. Las barras, aunque tengan la resistencia suficiente para las cargas verticales, no resisten lo mismo á los esfuerzos horizontales del reborde de las ruedas, cuya acción al cabo de cierto tiempo las dobla convirtiendo la vía en una línea ondulada que perjudica al movimiento de los vagones, deteriorándolos.

Este inconveniente se evita disponiendo las barras de plano sobre dos largueros paralelos *(figura 2006)*, los cuales descansan á su vez sobre traviesas que los mantienen á la misma distancia uno de otro. Las barras pueden ser de un centímetro de grueso y se aseguran en los largueros por medio de clavos de cabeza rasante para que no haya resaltos.

Generalmente se prefiere hoy el carril americano ó el de Vignole, de unos 8 kilogramos de peso por metro lineal, cuya sección representa la *figura 2007* ó los de tranvía *(fig. 2008)*, fijándose unos y otros en las traviesas por medio de escarpias *E, E* y el empalme de unos con otros colocando unas bandas de hierro *bb (fig. 2009)* llamadas *bridas*, que se fijan en los rieles por medio de pernos.

Las vías portátiles de traviesas metálicas son aplicables en la construcción de edificios por la facilidad con que pueden trasladarse de un lado á otro sin tener que desclavar para ello las traviesas, pues pueden conducirse por tramos de 5 metros lineales que se tienden sobre la explanación preparada de antemano.

1788. APARATOS Ó MEDIOS DE ELEVACIÓN.—Para subir los operarios á los andamios y á la obra se sirven casi exclusivamente de las escaleras; mas para elevar los materiales, los medios que se emplean son muy numerosos y de formas muy variadas. Los más sencillos son las poleas ó ganchos, el torno, la cabria y la grua, y de su combinación se forman distintos aparatos de los que describiremos los más empleados y de más útil aplicación. Algunos de ellos evitan ó reducen la necesidad de los andamios y otros exigen que éstos sean de gran solidez. Cuando la obra está por bajo del depósito de materiales y del amasadero pueden descender aquéllos por planos inclinados y la mezcla amasarse al mismo tiempo, si se emplea el medio indicado en la *fig. 52*.

1789. ESCALERAS DE ANDAMIO.—Para la subida de los operarios se hace uso de tablones colocados en pendiente sobre las armaduras de las escaleras del edificio, á cuyos tablones se clavan de trecho en trecho listones de madera que hacen el oficio de peldaños como la chapera *(fig. 1548)*. Las escaleras de mano *(fig. 1549)* son en muchos casos las que únicamente se emplean, subiendo por ellas no solo los operarios sino también los materiales que estos llevan sobre la cabeza. Si son excesivamente largas ó hay que empalmar unas á otras para salvar la altura, es preciso apoyarlas por su medio en un puntal con objeto de que se mantengan rectas y no presenten un pandeo peligroso. Tratándose de poca elevación se emplean también las escaleras dobles, compuestas de dos de mano enlazadas á charnela por su parte superior y que abiertas se apean una á otra.

Las escaleras de alma *(figs. 1550 y 1551)* son de útil empleo en ciertos casos, cuando no conviene ocupar mucho sitio, pero exigen agilidad en los que han de trepar por ellas.

En andamiajes esmerados y cuando la importancia de la obra lo permite, se establecen escaleras de madera, generalmente á la molinera *(fig. 1552)*, dotándolas además de barandilla, como se observa en las *figs. 1981 y 1983*.

1790. POLEAS Y APARATOS QUE LAS TIENEN.—La subida de materiales por medio de poleas dispuestas en la parte superior del andamio es bien conocida para que nos detengamos en explicarla, así como la facilidad con que se mueve un

cuerpo suspendido libremente de una cuerda ó cadena, lo cual tiene aplicación para conducir los materiales muchas veces hasta el sitio de su colocación, empleando cuerdas atadas á ellos y con las que se guían á donde se quiere.

El aparejo ideado por el Sr. Cerezo y que representa la *fig. 2010* puede emplearse para elevar pequeños pesos con movimiento rápido. Consiste en dos ruedas de distinto radio y que tienen el mismo eje. La potencia se aplica á la cuerda sin fin *ddd*, haciendo subir el peso por la cadena *bbb*, la cual tiene dos ganchos para que cuando el uno tenga la carga en lo alto se halle el otro abajo en disposición de tomar otra, dando entonces á la cadena un movimiento contrario al anterior. La palanca acodillada *aoc* unida á la armadura de la polea, detiene á voluntad el giro de ésta por medio del brazo *oc* que puede atravesarse entre los radios de la rueda. Este aparato, en que la potencia es $^1/_6$ de la resistencia, sirve para elevar cargas hasta de 250 kilogramos de peso. Cuando éste se halle entre 250 y 1000 kilogramos se debe emplear el aparato de la *figura 2011*, donde la potencia está favorecida con respecto á la resistencia, en la relación de 1 á 20, pudiendo elevarse una tonelada por tres ó cuatro hombres agarrados á la cuerda sin fin *ddd*.

1791. Para subir el mortero, el ladrillo y otros materiales análogos puede tener aplicación en ciertos casos el medio indicado en la *fig. 2012*. Colocada una polea de gran diámetro *P, P'* en la parte superior del andamio, la cuerda que pasa por su garganta lleva dos plataformas *A, A', B, B'*, capaces de contener una carretilla ó una artesa y un hombre ó dos. La ascensión se verifica de la siguiente manera: estando abajo la plataforma *B,B'*, coloca en ella una carretilla cargada un operario, el cual sube al andamio por una escalera de mano *ec, e'c'* mientras otro operario entra con una carretilla vacía en la plataforma superior *A, A'*, determinando el descenso de ella con su peso, y si es necesario con el esfuerzo que ejerce agarrándose á una cuerda vertical. El primer operario llega á la parte superior y coge la carretilla ó la artesa llena y la conduce á su destino volviendo con ella vacía para repetir la operación. El empleo de este mecanismo en la remoción de tierras hizo ver la conveniencia de cargar las carretillas con un peso igual al de dos hombres, por la economía que esto produce, pues de este modo en vez de cuatro hombres que se necesitan para subir dos carretillas hay bastante con tres: uno de ellos no hace más que bajar con la carretilla vacía en unión del operario que la conduce y subir él solo por la escalera mientras el compañero va á cargar la carretilla ó tomar otra cargada. El tercer operario, que al ascender la carretilla cargada había subido por la escalera de mano, la toma y la conduce al sitio de su destino.

1792. TORNO.—El torno *(fig. 256)*, del cual se habló al tratar de la cimentación de los edificios (568), puede ponerse en movimiento por medio de una rueda de madera de gran diámetro *(figura 2013)*, cuya circunferencia está provista de clavijas *c, c'* para hacerla girar con las manos. La cuerda que se arrolla al tambor *T*, baja á coger verticalmente los materiales colocados de antemano en espuertas ó artesones, ó embragados, como se dirá más adelante, cuando son sillares. En este caso, una vez elevados, se conducen por el piso del andamio ó por el mismo muro hasta el punto donde deben sentarse ó colocarse. Generalmente se establecen sobre el andamio unos largueros con carriles ó barras de hierro por los que marcha el torno, el cual está entonces provisto de ruedas, y se conduce el material suspendido hasta el sitio de su colocación pudiendo dejarse en él por la gran facilidad que hay de moverse un cuerpo cuando está libremente suspendido de una cuerda.

Sin embargo, conviene disponer el torno sobre terreno firme como está indicado en la *fig. 1960*, para no cargar los andamios con ese peso ni embarazar á los operarios que trabajan en ellos, estableciendo entonces en lo alto del andamio una polea que puede moverse á lo largo de dos piezas horizontales indicadas en *L*. En este caso se comprende que el torno ha de estar amarrado fuertemente á una ó dos estacas, ó cargado de piedras ú otros objetos pesados para que no se mueva.

1793 CABRIAS.—La *cabria (fig. 8)*, cuando se dispone sobre un andamio, se hace más estable dotándola de cuatro piernas en vez de tres, las cuales por sus pies ensamblan á caja y espiga en un bastidor rectangular que puede correr á lo largo del andamio como la *G, G'* de la *fig. 1981*, poniéndole cuatro ruedas, las cuales deben marchar sobre carriles para que no puedan salirse del andamio.

Para colocar las estátuas sobre sus pedestales se emplearon en el Louvre las cabrias dobles de la *fig. 2014* que levantaban aquéllas por igual, dando movimiento á los dos tornos *T* por medio de palancas *P*.

En muchas ocasiones se modifica la cabria reduciéndola á la armadura *bcb (fig. 2015)* que se sostiene en la posición conveniente por medio de vientos *V*, los cuales la sujetan atándolos por un cabo en la cumbre *c* de la cabria y por el otro á puntos fijos y firmes del mismo andamio ó de la obra que se ejecuta.

1794. Muchas veces se hacen corredizas las cabrias dándoles alturas extraordinarias, con lo que se evitan los andamios ó á lo menos se simplifican extraordinariamente. Para ello *(fig. 2016)*, se establece á corta distancia del muro y paralelamente al mismo un camino de tablones *aa*, *bb*, por el que han de resbalar las ruedas *R*, *R* de la cabria. Ésta se compone de dos fuertes postes *P*, *P* que sostienen en su parte superior y por medio de dos travesaños *T*, *T* apeados por jabalcones, otra pieza inclinada ó pescante *C* que lleva en su extremo saliente una polea fija *G* por donde pasa la cuerda que coge el material para la obra. En su base tiene una polea *A* á fin de dirigir la cuerda al torno si éste se establece fuera del aparato, como en el caso de la figura, aunque también se coloca en la misma base para contribuir á la estabilidad del aparato. Se mantienen verticales los postes ó en situación inclinada por medio de vientos ó cuerdas *V*, *V*, *V* que se sujetan por una extremidad á la cabeza del aparato y se atan por la otra á puntos fijos en el suelo. Los dos postes se enlazan entre sí por medio de clavijas ó pasadores que sujetan el pescante *C* y sirven de escalones para subir á la parte superior cuando es necesario. El aparato se consolida con los jabalcones *J*, *J* que apean su parte inferior impidiéndole su cabeceo. El camino de tablones se puede constituir con rieles dando á las llantas de las ruedas el reborde que presentan las de los vagones *(fig. 2003)*, con lo que se evitan los movimientos laterales.

1795. Las *figs. 2017* y *2018* representan otras cabrias movibles empleadas en la construcción del palacio de la Exposición de París de 1867, que marchan por medio de cuatro ruedas *R*, *R*, á lo largo de dos railes tendidos en el terreno. Del torno *T* va la maroma á las poleas *A* y *B* y toman en su extremo el cuerpo que se ha de elevar, dejándolo en el sitio oportuno. La segunda cabria *(figura 2018)* tiene la forma de castillejo y servía también de andamio.

1796. GRUAS Y PESCANTES.—Las gruas, que ya conocemos *(fig. 7)*, tienen la ventaja de que pueden coger y dejar los materiales dentro del radio de su acción con solo imprimirles el giro conveniente. Se les sustituye muchas veces sin necesidad de andamios, haciéndolas de un simple *pescante* como el representado en la *fig. 2019*, en cuya parte inferior se fija el torno *T*, girando el aparato sobre una plancha ó tejuelo de hierro *aa*, mediante un gorrón que tiene aquél en su pie. Se mantiene el pescante en la situación inclinada que exige la cogida de los sillares y su colocación en obra por medio de vientos *V*, *V*, los cuales, así como la polea superior *G*, están dispuestos como se detalla en la *fig. 2020*. Dos de los ganchos *A*, *A*, *A'*, se unen á remache en un cerquillo que á su vez lo está en los extremos de una barra arqueada *c'd'c'*, *cd*, formando un casquete que puede girar alrededor de la cabeza del pescante, pues al efecto termina éste en una espiga que entra en una concavidad practicada en dicho casquete. De esta manera los vientos pueden tomar las direcciones convenientes y situar la cabeza del pescante donde se quiera para coger los materiales y trasladarlos ó colocarlos en su situación definitiva. La polea *P*, *P'* está alojada en una caja practicada en el pescante, como representa la figura, en la que se indica el herraje de refuerzo que necesita aquél para que no resulte debilitado. La polea puede sujetarse con cordaje como en la *fig. 2015* ó colgarse de un gancho como los de los vientos.

Otra grua sencilla ó pescante, llamado también *pluma*, para establecerla sobre los andamios, se representa en la *fig. 2021*, cuya simple inspección es bastante para que se comprenda la manera de disponerla. Los vientos se atan á un collar de hierro con ganchos que puede girar sobre la cabeza de la grua.

1797. En la *fig. 2022* aparece una grua de madera que por su construcción ofrece una gran resistencia. Se compone de dos partes: la inferior presenta una base cuya estabilidad se asegura cargándola de piedra *D* y en ella descansan el poste central *ac* y los cuatro jabalcones *J*, *J*, que lo fijan de una manera segura para que sobre él pueda girar por su eje vertical la parte movible *cqr* de la grua, que, como se ve, consta de un árbol vertical *cd* y de una palanca inclinada *rq* que son los brazos del aparato, en cuyos extremos están las poleas por donde pasa la cuerda, la cual por un lado *P* toma los sillares ó materiales y por otro *R* va á arrollarse en un torno dispuesto en el suelo junto á

la grua ó en vez de las piedras *D*. La pieza *rq* está reforzada por dos jabalcones *N, N*, que transmiten el esfuerzo ejercido por las poleas al punto de giro *c* del árbol vertical sin que resulte desequilibrio en las fuerzas horizontales que pudieran hacer cabecear la grua, para lo cual es de precisión que los brazos de la palanca ó sea la distancia horizontal *x, x* de las cuerdas al eje del árbol *cd* sean exactamente iguales. La *fig. 2023* y *2024* detallan la disposición de las poleas en las extremidades de la palanca con los refuerzos de hierro que la dan la solidez necesaria, y en la *fig. 2025* se presenta en detalle el eje de giro *E* del árbol vertical y la banda circular de hierro *acdb* donde están alojadas las ocho ruedas, que describiendo una circunferencia cuando gira la grua dan á ésta facilidad en su movimiento. Las ruedas resbalan sobre una placa de hierro dispuesta encima de los dos trozos ó zoquetes de madera *ce, cf*, que fuertemente unidos por un cincho de hierro y pernos, sirven de lazo para la unión de los cuatro jabalcones ó pies de la grua con el poste central y forman, con una caja abierta en ellos al efecto, el buje donde entra el gorrón del árbol vertical para su rotación. Otros dos zoquetes unidos análogamente sirven de apoyo al árbol vertical de giro y jabalcones que sostienen la palanca ó brazos de la grua. La rotación de esta parte se verifica á mano después de elevados los materiales á la altura conveniente.

1798. Una grua ó *pescante perfeccionado* es el representado en la *fig. 2026*. Consta de un árbol vertical *tc* que gira por su pie sobre un tejuelo y de unos brazos *ba* hechos de dos piezas, *ab, a'b'*, que encepan en el árbol; éste se refuerza por una varilla *dbc* aplicada contra el brazo *ob* que hace de biela, y el *oa* se sostiene por tirantes ó varillas *T, T, T*, para que no se doble con el peso. En este mismo brazo hay tres poleas fijas *E, E', F, F', G, G'* y la móvil *A, A'*, de la que se suspende el material que ha de elevarse, cuya polea marcha entre las dos piezas del brazo mediante dos ruedas y sobre dos carriles fijados en ellas. La cuerda de que pende el material *M* pasa por las poleas *A* y *E* y después por otra *I* sujeta al pie del árbol para ir á arrollarse en un torno; otra cuerda parte de la polea móvil *A*, y después de pasar por las *G, F* y la *K*, fijada también en la parte inferior de la grua, se arrolla en otro torno. Según sea el movimiento de los dos tornos se consigue que el peso *M* suba ó baje verticalmente y que la polea móvil adelante ó retroceda sobre el brazo *oa*, cuya operación combinada con el giro á mano de la grua hace que el material se pueda llevar al sitio conveniente de su empleo dentro del círculo de su acción. El pescante se mantiene vertical por medio de vientos *V, V*, convenientemente dispuestos.

1799. Otra especie de grua empleada en la obra de ampliación del Capitolio de Washington aparece en la *fig. 2027*. El árbol ó pescante *A* y el brazo *B* se unen por su extremo inferior en una caja de hierro *C* girando con ella sobre un tejuelo. Los otros dos extremos del árbol y del brazo se enlazan por un tirante de hierro *T*, formando entre las tres piezas un triángulo equilátero de 15 metros de lado. El peso *M* ó los sillares se suspenden de dos polipastos *D, E*, unidos por la misma argolla del gancho de suspensión, y ambos están en combinación con otros dos, fijado uno *G* en la cabeza del árbol vertical y el otro *H* en el extremo saliente del brazo. En el pie del aparato hay dos tornos: en el uno *N* se arrolla la cuerda que pasa por los polipastos *G, E*, y en el otro *O* la que pasando por el extremo superior del árbol vertical va por la polea fija *F* y recorre los polipastos *D, H*, y según se da á los tornos la misma ó distinta velocidad sube el peso verticalmente ó en dirección oblicua colocando el material en el sitio conveniente con solo hacer girar á mano todo el aparato, aunque puede emplearse para ello el vapor, así como para el movimiento de los tornos. La cabeza del pescante se mantiene fija en su posición valiéndose de vientos que se atan en un collar en que termina aquélla.

1800. Los pescantes y gruas que se acaban de describir, si bien tienen la ventaja con el giro de que están dotados de poder colocar el material en el mismo sitio de su asiento definitivo, presentan el inconveniente de que su radio de acción es limitado y hay que trasladarlos según avanza la obra, á no aumentar mucho su número, ó de lo contrario hacer un transporte largo y penoso desde el punto en que la grua deja el material hasta el de su colocación.

Las cabrias corredizas que pueden moverse paralelamente al contorno de la obra, evitan estos inconvenientes, siendo las que se adoptan en obras de grande extensión, así como los andamios corredizos de los que hemos dado ejemplos en las *figuras 1981* y *1983* y sobre los cuales se establecen tornos, cabrias y gruas.

1801. Un torno de doble movimiento, tal como se dibuja en la *fig. 2028,* ha sido empleado en Lisboa para levantar el arco de la calle Augusta. Consiste en un carro fuerte formado de dos vigas de madera *ab* reforzadas con tirantes de hierro *adcb,* y enlazadas por travesaños *T,* cuyo carro tiene cuatro ruedas de pestaña *R, R',* que resbalan sobre dos rieles sentados en largueros *L, L,* colocados en la parte superior del andamio, para cuyo efecto existe á un costado una plataforma *mm, m'm',* donde por medio de un manubrio adaptado al eje de un volante *V, V',* y con la correa sin fin *rqr* se hace girar el eje de las ruedas del carro. Sobre las vigas *ab* de éste hay dos barras, una de ellas dentada, por las que marcha el torno compuesto *N, N',* que eleva los materiales, el cual se traslada haciendo girar sobre la barra dentada las ruedas de un lado *D'.* De este modo, una vez elevados los materiales con el torno, pueden trasladarse á lo largo *ab* de las vigas; y como todo el carro tiene un movimiento de traslación normal al anterior sobre los largueros *L, L,* resulta que el material puede colocarse en cualquier punto de la obra que abrazan estos largueros.

1802. EMBRAGADO DE LOS MATERIALES PARA SU ELEVACIÓN.—Cuando los materiales son de poco peso y fácil manejo, se elevan bien valiéndose de espuertas, cubas ó de jaulas como la indicada en la *fig. 2016.* Las vigas se suben con comodidad atándoles sogas en los puntos convenientes y guiándolas á mano con cuerdas que á manera de vientos sirven para que no tropiecen en su ascensión y aun para que los extremos se dirijan al punto que se quiera. Los sillares se sujetan de varios modos y hay para ello ideados algunos aparatos que permiten cogerlos y conducirlos al sitio de su empleo sin más operación que aflojar el mecanismo.

El medio más sencillo de embragar los sillares consiste en rodearlos con una cuerda sin fin, es decir, sin puntas, según aparece en la *fig. 2027* y cogerla por su cruzamiento con el gancho de suspensión, cuidando de interponer esteras en las aristas del sillar cuando por lo delicado de la labra ó por la calidad del material pueda haber temor de que se desportillen ó que se corte la cuerda. El sillar se dirige ó guía durante su elevación para que no tropiece con la fábrica ya construida ó con los andamios ó aparatos de elevación, por medio de uno ó más cordeles atados al gancho de suspensión como el *C* de la *fig. 2019,* los cuales tienen en la mano operarios inteligentes.

1803. Cuando la máquina elevatoria ha de colocar el sillar en su mismo sitio, no puede rodearse con la cuerda que acabamos de explicar y hay que adoptar otro procedimiento. El que es muy usado, aunque no proporciona gran seguridad durante la subida, consiste en abrir una caja en la cara superior del sillar, de menor anchura en la boca *bb (fiura 2029)* que en el fondo *aa* y meter en ella las tres piezas de hierro que forman lo que se llama *clavija ó diablo:* las dos piezas laterales *abd,* más anchas por abajo que por arriba, entran las primeras y después se introduce entre ellas la central *cc* que aprieta las anteriores contra la piedra. Las tres piezas y la que hace de argolla *esd* son atravesadas por un pasador *ed* que las une para poderse suspender el sillar. La argolla-clavija se hace también como indica la *fig. 2030,* disponiendo la argolla *A* en la pieza central. En este caso, esta pieza, que forma cola de milano por su extremo inferior, se introduce la primera en la caja del sillar y luego las laterales que están encorvadas por abajo con una cabeza arriba, sujetándose las tres por medio de una pequeña abrazadera *aa,* en la que desde el principio había entrado la pieza central. Al levantar la argolla, la pieza central se ajusta entre las laterales oprimiéndolas y por lo tanto al sillar. Otras veces se da al diablo la forma de tijeras que representa la *fig. 2031,* cuya inspección hace comprender que al tirar de ellas hacia arriba se abren por abajo á causa de que los brazos están acodillados formando el ángulo en el eje de giro.

1804. Las *tenazas* que se representan en la *figura 2019,* son muy empleadas para embragar los sillares. Cogen á éstos introduciendo sus uñas en pequeñas cajas practicadas en los costados ó caras verticales de la piedra que han de formar las juntas, cuyas cavidades vienen luego á rellenarse con el mortero de la fábrica.

Se coge también el sillar sin necesidad de abrirle caja ninguna, haciendo que los brazos de las tenazas ejerzan sobre aquél una gran presión. Se emplea para ello una fuerte pieza de hierro *acb (figura 2026)* que coge el sillar con sus dos brazos, uno de los cuales, el *b,* lleva un fuerte tornillo que apretándose contra la piedra hace que también la sujete el extremo opuesto.

La *fig. 2032* presenta otro aparato compuesto

de dos brazos *dec, dec,* que tienen su giro *e* en la traviesa *bb* y cuyos extremos inferiores son dos planchas *cc,* que se adaptan á las caras laterales del sillar y lo aprietan abriendo las extremidades superiores *d:* esto se consigue dando vueltas á la tuerca *T* para que suba la articulación *dad,* guiada en la caja vertical que al efecto tiene la parte inferior del gancho *G,* la cual se halla enlazada con la traviesa *bb* por medio de las piezas *an.* Los ejes *e, e* pueden apartarse ó acercarse según sea la anchura del sillar, haciéndolos entrar en los agujeros indicados en la traviesa *bb.*

El aparato representado en la *fig. 2033,* ideado por Shepaud, consiste en un par de palancas en forma de quijadas *en, en,* cuyos ejes de giro *ee,* están dispuestos en los extremos de una fuerte armadura *ebbe,* la cual tiene una pieza *bb* provista de agujeros para fijar en ella, por medio de clavijas más ó menos separadas, las partes *ce* según pida la dimensión del sillar. El aparato se completa por medio de dos cadenas que de los extremos *n* de las quijadas van á la muleta *mm* donde está la argolla de suspensión, de modo que al ponerse tirantes hacen que la otra extremidad de las quijadas opriman fuertemente el sillar, á cuyo efecto tienen una curva excéntrica respecto al eje de giro *e.*

ARTÍCULO IV

Observaciones referentes al empleo de la madera y de los materiales metálicos y montaje de sus obras.

1805. OBRAS DE MADERA.—La estabilidad en las construcciones de madera es mucho menor que en las de fábrica por su poco espesor y peso, siendo indispensable que á pesar de trabar bien unos entramados con otros, se liguen por medio de los suelos y si es posible se enlacen con paredes de fábrica. Son también, como se sabe, de poca duración y muy expuestas á incendiarse, por cuyas razones no se emplean en edificios públicos de importancia, y allí donde están en uso para construcción de habitaciones solo son aceptables por el poco espacio que ocupan en el solar y porque la madera está barata. Es de gran importancia, cuando se construye con madera, aislar unas partes del edificio de las otras por medio de paredes de fábrica que sirvan de corta-fuegos, para evitar que un incendio se propague y que pueda localizarse en un punto donde sea más fácil dominarlo. Por esta razón exigen algunas ordenanzas municipales que las paredes de medianería sean incombustibles.

Empleando maderas de grandes dimensiones hay mayores garantías de bondad y más facilidad de sustituirlas y repararlas, siendo más económica su mano de obra; pero en cambio resulta la obra más cara porque el precio de la madera no es proporcional á su volumen, sino que aumenta progresivamente con su longitud y grueso, por la escasez que hay de grandes árboles y por las dificultades de su conducción desde los montes á las poblaciones. La multiplicación de piezas en un sistema permite reducir sus dimensiones y repartir mejor las cargas sobre los apoyos aunque resulte mayor la mano de obra, pero siempre hay una economía real.

1806. MONTEA DE OBRAS DE MADERA.—La construcción de una obra de carpintería, cuando sale de los casos ordinarios y comunes, exije el trazado de la montea (515) con arreglo al dibujo del proyecto, fijando en ella los gruesos de las piezas para estudiar la manera de hacer los ensambles apropiados al objeto que deben llenar en el conjunto, procurando que no caigan en un mismo punto varios ensambles, pues esto degollaría ó debilitaría la pieza donde se verificara el encuentro. Otra precaución muy importante que debe tomarse al trazar los ensamblajes, es que el ajuste ó armado de las diferentes piezas pueda hacerse con facilidad sin que se estorben unas á otras y mucho menos que la colocación de unas haga imposible la de otras.

Si la madera estuviese preparada ó escuadrada con precisión, fácil sería transportar sobre sus caras, con la regla, el compás y el cartabón ó la escuadra, las líneas de la montea que deben determinar sus dimensiones y ensamblajes; pero como siempre hay alabeos que pueden desviar los trazos de su verdadera posición, se presentan las maderas sobre la montea (trazada en un plano horizontal), de modo que los ejes caigan á plomo sobre las líneas correspondientes de la montea, para lo que aquéllas se nivelan por medio de calzas ó cuñas: en esta disposición se procede á marcar las líneas de los cortes y ensambladuras y la situación de los herrajes que han de hacer indeformable el sistema. Las caras normales según las que se encuentran las piezas, son las más importantes, pues que for-

man las juntas á que se refieren los ensambles y se señalan valiéndose de una plomada que se hace coincidir con ellas y de las reglas, cartabones ó escuadras de que se habló en la primera parte de esta obra.

El labrado de la madera con los cortes y escopleaduras que exijen los ensamblajes y el alojamiento de los herrajes, así como los taladros necesarios para los pernos ó pasadores, se verifica junto al sitio de la montea, y una vez terminadas estas operaciones se procede al *montaje*, es decir, á la colocación de las diferentes piezas en su lugar respectivo para componer la obra.

1807. MONTAJE Ó ARMADO DE LAS OBRAS DE MADERA.—El montaje es *provisional* en el taller y *definitivo* en el lugar que ha de ocupar en el edificio ó construcción la obra de carpintería. En el primero se hace la comprobación y rectificación de las diferentes piezas para asegurarse de que se adaptan bien las unas á las otras y que las dimensiones generales que resultan de su unión son las mismas que se han previsto en el proyecto. El montaje se puede hacer *en plano*, es decir, acostado sobre un piso horizontal ó *en elevación*, tal como ha de estar en la obra. El primero es suficiente cuando la obra es sencilla y consta solamente de armazones paralelas—generalmente verticales—que se unen por medio de algunas aunque pocas piezas normales á ellas como la armadura de una cubierta y otras obras análogas. En los demás casos se hace necesario el montaje en elevación. El montaje en plano se hace de los elementos que constituyen unos mismos planos y cuyo enlace no ha de ofrecer evidentemente dificultades en su colocación definitiva; y el montaje en elevacción comprende todo el conjunto como si se ejecutase la obra definitivamente. En ambos casos, se colocan las piezas ajustándolas por sus ensamblajes, valiéndose para ello de andamios que algunas veces son muy complicados.

En obras muy complicadas ó de grandes dimensiones, una vez terminada la comprobación y rectificación de todas las piezas en el montaje provisional, se señalan y numeran cuidadosamente las unas respecto de las otras — antes de desmontarlas para transportarlas al lugar de su emplazamiento— con objeto de que en el momento de armar la obra definitivamente puedan los signos indicar — sin lugar á dudas ni errores — el sitio y disposición de cada elemento en el conjunto. Las marcas que sirven de referencia á los ensambles se hacen cerca de estos y son iguales en las dos piezas que han de juntarse, procurando que estén en sitio visible y que no se oculten al hacer el montaje.

1808. Cuando el montaje definitivo de un cuchillo de cubierta es en plano, basta ajustar en el suelo ó piso de un andamio las piezas que lo han de formar asegurándolas entre sí, y cuando está ya armado el cuchillo enderezarlo y luego suspenderlo por su centro de gravedad encima de las dos paredes que lo han de recibir, para que descendiendo suavemente pueda colocarse en su sitio definitivo, á cuyo fin se tiene préviamente nivelado y marcado donde han de asentar sobre las paredes. Estos movimientos se ejecutan por medio de un polipasto ó polea diferencial con sus cuerdas ó cadenas, las cuales se arrollan en el torno de una cabria ó de otro aparato análogo, auxiliándose con cuerdas ó vientos que por un cabo se atan á puntos convenientes del cuchillo y por el otro son manejadas por operarios que tiran ó aflojan según es necesario. Para armar el cuchillo entre las paredes que lo han de recibir, se dispone oblicuamente á ellas con objeto de que quepa entre las mismas, pues de otra manera no sería posible y del mismo modo es preciso elevarlo: una vez encima de las paredes se le hace girar para presentarlo normalmente y paralelo á su posición definitiva. La operación del montaje se empieza siempre por un extremo de la crujía que se ha de cubrir, y cuando está armado y fijo un cuchillo se le asegura provisionalmente en su posición por medio de puntales ó riostras apoyadas en el andamio ó en la obra; y si hay inmediata una pared apiñonada ó hastial se enlaza con ella colocando desde luego las correas que hayan de tener su empalme en el cuchillo dejando de colocar las demás y la hilera hasta que está en pie otro cuchillo, al que entonces se fijan las que anteriormente no se habían colocado. La subida de las correas puede verificarse disponiendo poleas en los cuchillos ya armados, cuando estos tienen suficiente resistencia para ello.

Si se trata de elevar cerchas de mucha curvatura debe tenerse presente lo susceptibles que son de deformarse cuando se las mueve; y para evitarlo, se arriostran consigo mismas por medio de tirantes, manguetas ú otras piezas que las den rigidez: después se elevan por uno de sus arranques manteniendo el otro más bajo hasta que el primero puede asentarse en su apoyo definivo, en cuyo caso se levanta lo que falta el otro extremo.

El armado de otra clase de sistemas depende de una multitud de circunstancias locales, cuyo estudio hará comprender el procedimiento que deba seguirse en el montaje.

Cuando las armaduras son de grandes dimensiones pero ligeras, pueden subirse convenientemente atirantadas suspendiéndolas por sus cuatro apoyos, y si en la construcción se deben levantar simultaneamente los apoyos y las armaduras, lo mejor es emplear andamios móviles con los cuales pueden ejecutarse todas las operaciones.

1809. Si los cuchillos se arman *en elevación,* que es cuando tienen grandes dimensiones y no son fácilmente manejables, se emplean andamios de varios pisos de tablas desde la altura de los apoyos ó arranques de los cuchillos hasta la cumbre de los mismos y por su medio se colocan en su posición definitiva las grandes piezas que constituyen su armazón principal como son el tirante y los pares, los cuales se sostienen provisionalmente en su posición con puntales, cuerdas ú otros medios que los sujetan al andamio. Se ensamblan después las otras piezas con las anteriormente colocadas, las cuales algunas veces sirven de apoyo á los andamios que esto exige y de esta manera se termina el montaje del cuchillo, en cuyo caso se le arriostra ó enlaza con el hastial ó piñón ó con el cuchillo anterior por medio de correas que lo mantienen en la inmovilidad de su posición vertical.

1810. OBRAS DE HIERRO Y ACERO.— La dureza del hierro, su elasticidad y gran resistencia, su poco volumen, la facilidad de darle cualquier forma y la gran abundancia y baratura á que ha llegado, justifican las inmensas y utilísimas aplicaciones que hoy tiene, ya formando el conjunto de una obra, ya constituyendo una parte integrante ó auxiliar en la construcción.

Por su especial naturaleza se presta á tomar todas las formas y á salvar grandes espacios, haciendo posibles obras en que ningún sistema de madera hubiera parecido bastente sólido. Como las obras de este material, las de hierro tienen la ventaja de poderse ejecutar en grandes talleres con los útiles convenientes y en las mejores condiciones bajo el punto de vista de la perfección del trabajo, con poco coste relativo si el transporte á su destino es fácil y pudiéndose armar ó montar préviamente en los talleres para cerciorarse de su bondad ó defectos y poder colocarlas definitivamente en su sitio. Otra de las ventajas que las obras de hierro presentan es la de la brevedad en su ejecución sin que salga perjudicada la estabilidad como en las obras de fábrica en que hay que dejar lugar á que asienten con igualdad todas sus partes, y según se van ejecutando, para que la construcción superior tenga seguridad en su situación definitiva. Se presta mejor que la madera á las uniones, sobre todo cuando son muchas en un mismo punto, con la ventaja de que no se debilitan las piezas como sucede á la madera, puesto que se pueden reforzar las uniones. Además, en el hierro forjado ó laminado hay la ventaja de poderse soldar unas piezas con otras reduciendo sus uniones ó ensambladuras á las más precisas, es decir, al límite en que las dimensiones de la obra lo consientan para su fácil transporte y colocación.

Pero en el destino que ha de darse al hierro han de tenerse presentes, en primer lugar, las grandes diferencias que existen entre el forjado y el fundido bajo el triple punto de vista de su composición química, de los procedimientos que exige para darle la forma que se desee y de la resistencia tan distinta que presenta según se le exponga á esfuerzos de compresión, de tracción ó de flexión. El hierro forjado se dilata ó alarga y se contrae menos que el colado antes de romperse; aquél es maleable y éste lo es muy poco; el uno se dobla en frío y más en caliente y el otro no goza de esta propiedad de una manera sensible; una barra de hierro forjado puede sufrir impunemente un choque al que no resistiría si fuese fundida. Sabemos además que el hierro forjado se lamina y se trabaja con el martillo, mientras que el fundido no puede adquirir más forma que la del molde donde se cuela al salir del horno, de donde resulta la ventaja del hierro colado cuando se trata de obtener objetos de la misma forma y de complicadas labores. Expuesto el hierro á la acción del fuego se ha observado que echando agua cuando está á una temperatura de 300 á 600 grados, los apoyos de fundición se rajaron al llegar al color rojo pero continuaron en pie y los de hierro forjado se encorvaron antes del calor rojo y se desplomaron cuando recibieron un chorro de agua.

El hierro forjado tiene mayor resistencia á la tracción que el fundido, pero éste le aventaja cuando el material haya de someterse á la compresión, con la circunstancia de que en el primer caso, el hierro trabaja por igual en toda su longitud, cualquiera que ella sea, mientras que la resistencia á la compresión es por el contrario diferente en todo y

en relación con la longitud de la pieza, tanto, que siendo en el fundido de 8000 kilogramos la resistencia á la ruptura por compresión cuando la relación del grueso á la longitud es de 1 á 5, se reduce á 250 kilogramos si la relación es de 1 á 100; y en el hierro forjado que en el primer caso resiste 4000 kilogramos, aguanta 600 en el segundo. Conviene por lo tanto el hierro forjado ó laminado para resistir esfuerzos de tracción y el fundido para los de compresión. Si las piezas están sometidas á la flexión puede ésta transformarse en compresión dándoles la forma de arco lo mismo cuando se emplea la fundición que el hierro forjado. Tratándose de construcciones elásticas y ligeras es éste preferible pudiendo el fundido ofrecer ventajas cuando se exija rigidez é inmovilidad.

Bajo el punto de vista económico debe tenerse en cuenta que el precio del hierro forjado es superior al del fundido y que la obra gruesa es más barata: pero ésta en cambio puede tener defectos interiores de más entidad y presenta menor resistencia, especialmente en el hierro forjado ó laminado donde la acción mecánica del martillo y de los cilindros no penetra por igual en toda la masa.

1811. El ensamble ó unión de las partes que forman un sistema metálico no debe hacerse depender de una pieza solamente porque la acción lenta del tiempo y los esfuerzos á que está sujeta pueden producir su rotura ó debilidad; y como al faltar dicha pieza sufren todas al instante el contragolpe de las presiones que no están equilibradas, todo se rompe en un momento por una serie de rupturas sucesivas.

El empleo de roblones, tornillos, pernos, clavijas ó llaves está sujeto á la naturaleza de los esfuerzos que ha de sufrir, á su permanencia y á las circunstancias especiales de la obra.

Se emplean roblones cuando se quieren hacer estrechamente solidarias las piezas que no han de separarse nunca. Los pernos son necesarios cuando las piezas se ensamblan con otras ya colocadas y se requiere tener movilidad en la unión ó cuando la comodidad del trabajo obliga á sacrificar un poco la solidez para facilitar el montaje de la obra. En cuanto á los tornillos no se les utiliza más que en pequeños trabajos como barandillas, marquesinas, linternas, etc., en las que quedan embebidas muchas veces sus cabezas, lo cual los debilita, así como á la pieza donde se embuten. Las clavijas ó llaves sirven para los encadenamientos y para enlazar tirantes, sustituyendo con ventaja á las roscas ó tornillos, los cuales concluyen por oxidarse desapareciendo los filetes ó por henderse por efecto de la trepidación.

1812. DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN DE LAS OBRAS METÁLICAS.—Es muy importante tener en cuenta los efectos de dilatación ó contracción que pueden producir los cambios atmosféricos en las construcciones de hierro para prevenir los accidentes que pudieran sobrevenir. Se averigua la diferencia entre la temperatura más cruda del invierno y la más calurosa del verano con la que haya durante el montaje definitivo de la obra para deducir lo que ha de contraerse el hierro si la obra se hace en el verano ó lo que se dilatará si la colocación se verifica en invierno, teniendo cuidado de que toda la armadura se monte á una misma temperatura.

Si ningún obstáculo impide que la armadura de hierro se mueva sobre sus apoyos, como cada pieza se contrae ó dilata proporcionalmente á su longitud, la forma seguirá semejante á la primitiva y la obra trabajará del mismo modo que al montarla. Si los empotramientos ó enlaces con la fábrica de paredes, de bóvedas ó de otra clase no permiten ningún juego, pudiera crearse un peligro, ya cediendo la fábrica ó rompiéndose ó variando la forma de la armadura metálica. El caso más común es el de que no exista inmovilidad absoluta en los apoyos y que en estos haya cierta resistencia que se oponga parcialmente al movimiento. En este caso, el peso de la armadura y el rozamiento que de él resulta sobre los puntos de apoyo, bastan para engendrar la resistencia.

Bastan estas observaciones para comprender que no conviene una rigurosa solidaridad entre una armadura de hierro y sus apoyos, sean placas ú otras piezas semejantes.

1813. MONTAJE DE LAS OBRAS DE HIERRO.—Para facilitar el montaje de una obra de hierro se la divide en trozos que sean de fácil manejo y transporte, los cuales deben armarse aisladamente en el taller, poniendo en éste todos los roblones que se pueda y cuidando de que las uniones de los trozos en la obra sean accesibles y fáciles para que no presente inconvenientes el montaje. Por ejemplo, las correas que unen los cuchillos de una armadura pueden tener roblonadas en el taller sus escuadras de ensamble con los pares cuando sea fácil en estos la unión por medio de pernos, y

por el contrario, si hay dificultades para esto, las escuadras se fijan á los pares en el taller por medio de roblones y las correas se sujetan en la obra con pernos.

El montaje de una obra de hierro se hace como las de madera, adoptando las mismas medidas. En el montaje provisional se sujetan las diferentes piezas ó porciones por medio de prensas y cárceles y se sustituyen los roblones por pernos de un diámetro menor que los agujeros, no poniéndolos todos, sino los que se consideren indispensables para la estabilidad de las piezas durante el montaje ó armado. Esta sustitución se hace también cuando la junta de unión está situada en un punto donde sea difícil colocar los roblones al hacer el montaje definitivo.

1814. Como en las obras de madera, el montaje puede ser aquí en plano ó en elevación, roblonando en el primer caso las diferentes porciones sobre el suelo para enderezar después el conjunto y colocarlo en su sitio, ó sobre andamiajes especiales que presentan uno ó más pisos.

Si se trata de una armadura de cubierta cuyos cuchillos ó cerchas han de descansar sobre dos paredes por el intermedio de placas de asiento, se empieza por armar un andamio con un tablado poco más bajo que los puntos de apoyo y se colocan luego las placas todas á nivel y en la posición perfecta de los ejes de los cuchillos, asegurándolas en las paredes por medio de los pernos de enlace que se empotran ó encarcelan con cal hidráulica para que no puedan moverse al descansar sobre ellas los cuchillos. Se arma después en plano cada cuchillo sobre caballetes de madera poco más altos que el nivel de las placas de asiento haciendo descansar en ellos las articulaciones de aquél, para lo que se disponen tantos como sean éstas. Sobre estos caballetes pueden enlazarse las diversas partes de que se compone el cuchillo, empezando por la unión de los pares y marchando de un extremo á otro colocando las piezas y templando moderadamente las tuercas de las articulaciones para dejar á la armadura cierta flexibilidad ó juego que después permite á todas las piezas tomar su posición definitiva. Dispuesto de este modo el cuchillo sobre los caballetes, es fácil enderezarlo mediante una grua ó cabria y suspenderlo en situación vertical para hacer coincidir los agujeros ovalados de las zapatas ó pies de los pares con los pernos de enlace que han de entrar en ellos, á cuyo fin no tienen estos, ó se les quita si la tienen, la tuerca de sujeción, quedando de este modo asentado el cuchillo sobre sus apoyos. Colocada la cercha ó cuchillo en su plano y rectificada su posición se sujetan los pies ó zapatas por medio de las tuercas dichas y se templan los tirantes apuntalando por fin el cuchillo ó cercha para conservar la inmovilidad de su posición vertical. En seguida se pasa al arriostramiento con el muro hastial, si le hay, por medio de una ó dos correas que se empotran por un extremo en dicha pared ó se fijan en ella como indica la *fig. 1294 ó 1295*. Si esta pared no existe, se mantiene apuntalado el cuchillo hasta levantar otro enlazándolos entonces entre sí pero sin apretar del todo las tuercas de unión ó ensamble. Sobre estos cuchillos ya armados pueden disponerse poleas para subir algunas correas y enlazarlos, continuando el armado de los demás cuchillos ó cerchas y la colocación de la hilera y del resto de las correas, apretando entonces definitivamente todos los ensambles para completar la armadura con los cabrios y enlistonado.

En ciertos casos hay que sujetar ó encepar algunas partes con manguetas de madera para que no se doblen ó alabeen cuando se endereza el cuchillo.

1815. Para el montaje en elevación, lo principal es la disposición del andamio, que se acomoda á las circunstancias especiales de cada caso.

Para montar la armadura de una galería del palacio de la Exposición de París de 1867 con el andamio representado en la *fig. 1981*, se armaron en el suelo los postes *D* normalmente á su dirección y apoyando su pie en el punto donde debían descansar se levantó el otro extremo por medio de crics ó gatos y se mantuvieron con calzas en esta posición inclinada para facilitar el enderezamiento. Del extremo levantado partía un cable que pasando por una polea situada en *e* se arrollaba en el torno *S*, con ayuda del cual se enderezaba el poste, procediendo según indica la dirección de las flechas. Esta operación se facilita apoyando el pie de los postes en un rodillo provisional que se quita cuando aquéllos están en su posición vertical. Por medio de gruas *G*, *G'* se subieron sucesiva y simétricamente (para evitar las desigualdades de los empujes) los segmentos de la cercha por el hueco *uu* dejado en el andamio; luego las correas, procediendo desde los arranques á la cumbre, para lo cual pasaban las gruas á la parte volada *hd* del andamio, y después las carreras altas y bajas *xx* que enlazan los postes longitudinalmente y por fin los palastros ondulados de la cubierta partiendo de las extremi-

dades. Las gruas, cuando presentaban las piezas en la posición que debían ocupar, estaban equilibradas por contrapesos colocados en *X*, y cuando no, se las amarraba por medio de cuerdas *M* al pie del andamio. El emsamble de todos estos elementos se verificó estando los operarios en el tablado poligonal *bdc* para montar el arco y las correas y en los *B*, *C* para colocar las carreras y los cercos de las vidrieras laterales, los cuales se preparaban en unos cuadros de madera con cruces de San Andrés para que no se alabearan. El roblonado ó sujeción de otras piezas menos importantes, así como la pintura, se practicó disponiendo andamios colgantes que se suspendían de las carreras laterales y de las correas. Las piezas todas se transportaban al pie de la obra en vagonetas ó plataformas que marchaban sobre la vía férrea *F*.

1816. Otra parte de armadura de la misma galería se montó siguiendo distinta marcha. Con un andamio más ligero que el anterior y cuyo piso más alto estaba á la altura de los arranques del arco, se enderezaron los postes por medio de cables que pasaban por poleas colocadas en dicho tablado y se enrollaban en tornos dispuestos en la parte inferior del andamio como en el caso anterior. La cercha ó arco dividido en tres segmentos, se subía por medio de otras tantas cabrias fijadas en el mismo piso del andamio colocando los dos ensambles del segmento central con los laterales sobre los caballetes donde se apoyaban: después se colocaba el tirante que unía las cabezas de los postes por encima de los arcos para evitar su separación; y una vez templado y fijados los pies de esta armadura, se corría el andamio para armar otra cercha con sus apoyos dejando libre el espacio del tramo con objeto de colocar las correas y las carreras. Unas y otras se levantaron con dos cabrias movibles como la dibujada en la *fig. 2018*, empezando por colocar las correas, y apartándose una de otra terminaban con las carreras para pasar á otro tramo siguiendo la marcha que indican las flechas 2-2 de la *fig. 2034*. Mientras tanto, el andamio corredizo representado en 1-1 había servido para montar otro cuchillo y avanzaba otro más ligero 3-3 para la colocación del palastro ondulado de la cubierta y para fijar las vidrieras de los costados. Este andamio, representado en la *fig. 1983*, tenía un piso superior en pendiente *aca* y dos escalinatas desde *a* á *b* para que los operarios estuvieran á una distancia conveniente del trabajo. Los tablados *B* y *C* sirvieron para montar las vidrieras entre los postes de dos cuchillos inmediatos.

1817. Estos diversos procedimientos, aunque múltiples, son simples en principio y económicos en la aplicación; los aparatos, no teniendo que hacer más que una operación cada uno, se pueden hacer ligeros y fáciles por lo tanto de moverse, siendo además susceptibles de reemplazo. En fin, se prestan lo mismo á las exigencias de un gran trabajo que á uno de menos importancia y pueden por esto tener otras aplicaciones.

Los aparatos que por su mucha altura no pueden pasar por debajo de obras ya construidas para emplearlos en otro punto, se acuestan ó tienden sobre vagonetas y en ellas se transportan, enderezándose después en el sitio de su nuevo empleo. Esta operación es más fácil por lo general que el desarme y armado que de otra manera sería necesario, además de que esto deteriora los ensambles.

1818. En el ajuste de unas piezas con otras sucede muchas veces que los taladros abiertos en hojas superpuestas no coinciden; se les obliga á ello con una espita que es un puntero de forma cónica el cual se introduce á martillazos haciendo ovalados de este modo los agujeros y aprovechando el momento en que coinciden para introducir un perno en el taladro inmediato. Cuando falta mucho para coincidir los ejes de los taladros, no basta la espita y hay que acudir á los alisadores cónicos con estrías cortantes en espiral, los cuales se hacen girar al mismo tiempo que se golpean con un pequeño martillo para que vayan introduciéndose en los taladros ensanchándolos. En obras de importancia no se admiten ni la espita ni el alisador para corregir estos defectos, pues se exigen roblones de mayor diámetro que el calculado y se fija su máxima excentricidad en $^1/_{20}$ del diámetro del roblón. Se corrigen entonces los errores de trazado, de corte y perforación y se hacen los agujeros cuando la dificultad del montaje ó una gran precisión no consienten que se practiquen en el taller, en el cual muchas veces solo se hacen los de una pieza que se ha de unir con otra dejando de abrir los de ésta para hacerlo al armar definitivamente la obra.

1819. MONTAJE DE CAMPANAS. — Aislados los campanarios de toda otra construcción y azotados constantemente por la intemperie, exigen que cuando se coloquen las campanas se tengan presentes las sacudidas y conmociones que éstas producen cuando se usan y que pudieran ser cau-

sa de desplomes y hundimientos. Las armazones que las reciben en algunas partes son un medio muy conveniente para que sufra lo menos posible la construcción del campanario, pues equilibran el peso de las campanas y los esfuerzos que ocasionan en sus movimientos; y con objeto de prevenir las vibraciones se procura que el bastidor sobre que apoyan las piezas de madera que sostienen la campana pueda deslizar horizontalmente introduciendo sus cabezas en cajas abiertas en la fábrica pero sin tocar al fondo: por este medio todas las piezas de la armazón pueden tener algún movimiento en la dirección de su eje horizontal sin perjudicar á la solidez de las paredes.

Para el montaje de las campanas se comienza por colocar la cabeza de madera introduciendo los muñones del eje de giro en los coginetes que deben sostenerlos y luego se monta la campana por medio de un torno y aparejos para que las seis asas de que generalmente están provistas se alojen en las mortajas que lleva la cabeza, sujetándose después con bridas de hierro y pasadores ó pernos.

ARTÍCULO V

Reglas generales y cuidados de detalle que deben tenerse presentes en la construcción de edificios.

1820. ESTACIÓN MÁS Á PROPÓSITO PARA LAS OBRAS.—En nuestro país las estaciones calurosas aceleran la desecación de los morteros por el exterior, mientras que por dentro permanecen con la humedad con que se han ejecutado, siendo ya muy difícil que se sequen con la costra que se forma en el paramento, que ni deja penetrar el calor ni despedir la humedad. El frío del invierno los hiela en los paramentos, y según su intensidad penetra en el interior de la fábrica; especialmente en enlucidos se descascarillan, lo cual se evita en parte apretándolos fuertemente. Sin embargo, en Noruega no dejan de trabajar en el invierno empleando para ello cal viva en las mezclas, la cual desarrollando calor al apagarse da tiempo para que el mortero fragüe; y en los Estados Unidos se emplean mezclas de cemento á temperaturas de 18° centesimales bajo cero, echando sal al agua con la que se impide que se hiele.

Los morteros sumergidos están libres de la acción de los hielos pero debe procurarse que se endurezcan antes del invierno.

Las lluvias, cuando son excesivas, extravasan ó deslíen los morteros; pero si no lo son, la atmósfera húmeda es preferible en los de cal.

1821. Esto indica que si se trabaja en verano hay necesidad de rociar constantemente los materiales para que no absorban la humedad de los morteros, retardando así su endurecimiento todo lo posible, y si han de ser cubiertos con tierras deben echarse éstas desde luego para que contengan la frescura del mortero. Las mezclas de cemento especialmente deben protegerse de los rayos del sol hasta que fragüen completamente, pues como se ha indicado (204) pueden reducirse á polvo con la rápida evaporación del agua empleada para elaborarlas. Del mismo modo el paraje donde se extiende la mezcla debe humedecerse bien para impedir que la absorción del suelo prive al cemento del agua con que se amasa, y las piedras y ladrillos que haya de trabar han de remojarse para que se empapen bien, dejándolos enjugar un poco antes de su empleo. La cantidad de agua depende por supuesto de la naturaleza, densidad, y poder absorbente de los materiales, así como del estado higrométrico del aire cuando se ejecuta la obra.

1822. Si se construye en invierno, ha de procurarse librar las fábricas de las lluvias y de los hielos, renovando las que hayan sufrido por estas causas.

Así que cuando una fábrica no ha podido rematarse antes del invierno y fuere preciso paralizar la obra, se tomarán precauciones á fin de que no se venteen las piedras ni se disuelvan las mezclas, no gastando piedras recien extraidas sin que hayan tenido tiempo de despedir la humedad de cantera, cubriendo la parte superior de las fábricas con paja, estiercol ó teja y procurando finalmente que el aire dé bien en toda la obra para que no se reconcentre en ella la humedad.

1823. ELECCIÓN DE MATERIALES.—El objeto que se propone el constructor y las distintas cualidades de los materiales hacen á estos á propósito para unas obras é impropios para otras, variando también la manera y procedimientos convenientes para su enlace.

Los materiales, hasta de una misma calidad no son buenos para toda clase de obras, y por lo tanto á cada uno debe darse el destino más adecuado, pues hay partes en un edificio donde basta lo bue-

no, otras que solo necesitan lo mediano y otras donde es indispensable lo mejor.

Los árabes ejecutaban sus obras, generalmente, con pequeños materiales. Los muros son pocas veces de piedra y ladrillo y casi siempre de tierra arcillosa, cal y piedras menudas, trabado todo con juncos, pequeñas astillas, ramas, etc. Las partes interiores las trababan por medio de entramados hechos con madera de alerce.

Según se pasa del Sur al Norte la carpintería es más empleada y de un trabajo más complicado: la crudeza de la atmósfera obliga á vivir más tiempo en las casas en los climas fríos que en los cálidos, donde gran parte de la vida se pasa al aire libre, y de aquí que la construcción con madera sea tan importante en los países septentrionales, donde es un poderoso medio de sanear las habitaciones y del que se saca además un gran partido para la ornamentación.

Para construir los cimientos no deben emplearse más que materiales que no atraigan la humedad á fin de que las paredes superiores se conserven secas y en buen estado, evitando así los daños de que hemos de ocuparnos, al tratar de remediarlos, en el capítulo siguiente.

Aunque la verdadera belleza tiene por condición la verdad, el constructor se ve precisado en ciertas ocasiones á presentar la apariencia de miembros arquitectónicos que no tienen más objeto que satisfacer la vista. Oculta con palastro la estructura interior de las paredes ó techos, construye bóvedas y ménsulas que nada sostienen, artesonados que son solo ficticios, cornisas sin entrega en las paredes, etcétera, etc., y casi siempre hace postizos infinidad de adornos, valiéndose del yeso únicamente, del yeso unido á otras materias, del cinc, del cobre y de otros metales.

1824. LAS MEZCLAS Y SUS APLICACIONES.—En general se ha observado que los morteros se adhieren más á las superficies escabrosas que á las planas, á las piedras porosas que á las compactas, á las que tienen una estructura grosera que á las que la tienen fina, más á la caliza que al granito y á los esquistos, y finalmente, que el basalto es de los que peor se adhieren.

Entre piedras yesosas, el mortero de cal se descompone reduciéndose á polvo y es preferible, por lo tanto, unirlas con yeso.

Como la arena se funde al contacto del fuego y la cal se pulveriza, los morteros comunes no son á propósito para sitios expuestos al calor, siendo más aceptables para este uso los hidráulicos, pues que la arcilla que contienen es infusible. Donde el calor sea excesivo como en los hornos de fundición, el mortero tiene que hacerse con arcilla refractaria como la de estos ladrillos: en algunas ocasiones se emplea sola y en otras con mezcla de arena, con la misma arcilla cocida, con grafito, etc.

El endurecimiento de los morteros se verifica de diferente manera según sean comunes ó hidráulicos. Aquéllos absorben el ácido carbónico que contiene el aire convirtiendo la cal en un carbonato que se adhiere á la arena y al material; por manera que el fraguado se verifica rápidamente por la superficie, siendo nulo por el interior, al que no llega el aire por el endurecimiento de la costra exterior. Los morteros hidráulicos, por el contrario, necesitan del agua para fraguar, y lo hacen tanto al aire húmedo como sumergidos, siendo su endurecimiento más rápido y completo que en los comunes, por el agua sobrante que contienen.

Hay que tener presente, pues, que en el centro de los grandes macizos el mortero común no fragua sino muy difícilmente y que debe evitarse una desecación demasiado rápida, sea cualquiera el mortero que se emplee.

1825. Para la buena aplicación de las mezclas hay que tener en cuenta el destino que han de tener. Los muros de sostenimiento conviene ejecutarlos de piedra en seco, los de cerca pueden hacerse de toda clase de fábrica, los de contención de aguas necesitan mezclas de cal común si pueden dejarse secar antes de echar las aguas, é hidráulicas si no. El yeso puede emplearse en construcciones al aire libre y aunque excelente para obras interiores no debe gastarse en las que exijan perpetuidad, por más que en algunas partes como en Aragón duren siglos las obras fabricadas con yeso. Tampoco debe emplearse en obras subterráneas ó parajes expuestos á la humedad, en cuyos puntos deben emplearse mezclas de cal y mejor si es débilmente hidráulica. Si la fábrica ha de estar en agua estancada, la hidraulicidad tiene que ser bastante, debiendo ser eminentemente hidráulica la mezcla cuando haya de hallarse expuesta á las aguas corrientes. La más enérgica será insuficiente en muchos casos para contener filtraciones en ciertos puntos en que la presión del agua sea considerable.

1826. Rondelet ha observado que la resistencia

de los morteros desde los diez y ocho meses de empleados hasta los diez y ocho años no aumenta más que $^1/_8$ á la compresión y los morteros que fraguan pronto ganan todavía menos con el tiempo que los que son reacios. Por el contrario, el yeso empieza á perder su cohesión á los diez ó doce años.

El mortero de cal grasa empleado en cimientos fuera del agua no adquiere una cohesión final sino á los doscientos ó trescientos años; de tal modo, que, según expresión de un autor, son niños á los cien años.

Los morteros hidráulicos de buena calidad empleados en fundaciones ó sumergidos en agua dulce adquieren su dureza máxima á los cuatro años: aumenta rápidamente durante los seis primeros meses.

Los morteros de cal común y puzolana buena sin arena tienen á los dos meses de inmersión en agua dulce la mitad de la cohesión final, que se verifica del segundo al tercer año.

El mortero de cemento adquiere cuando fragua $^1/_5$ de su dureza final; al tercer dia $^1/_4$; al primer mes $^1/_3$; al tercero $^1/_2$; al sexto $^2/_3$ y $^9/_{10}$ al año.

1827. Vicat y Treussart están conformes en que los morteros hidráulicos son los mejores para construcciones al aire, pero su precio impide adoptarlos; por lo que solo cuando haya una necesidad de que endurezcan prontamente deben emplearse y también cuando hayan de servir para construcciones en el agua. Así, son de gran utilidad en estanques, cimientos de puentes, túneles, acueductos, conducciones de aguas, muelles y demás obras expuestas al agua. Pueden también aplicarse para hacer desaparecer la humedad de las habitaciones, para construir minas, silos y revestimientos y para escaleras, bóvedas de poca flecha y detalles de un edificio como cornisas, repisas, voladizos, etcétera. En una palabra, sin las cales hidráulicas hubiera sido imposible la ejecución de obras que, ejecutadas en el siglo actual, causan la admiración del mundo.

Ninguna fábrica exige cuidados más particulares que la que se hace con cal hidráulica ó cemento, pues hasta los más pequeños detalles influyen considerablemente en el éxito.

Por esto, dependiendo la ventaja de estas fábricas tanto de su más rápido endurecimiento cuanto de su mayor adherencia á los materiales y de su impermeabilidad, debe tenerse cuidado de que los materiales se hallen limpios y que se raspe bien el mortero de la fábrica anteriormente hecha cuando ha endurecido, pasándoles una escobilla para quitarles el mortero quebrantado y lavándolos antes de extender el nuevo para facilitar la adherencia de uno y otro y retardar el endurecimiento. El mortero se hace en la cantidad necesaria nada más para que no se endurezca antes de su empleo y los materiales se asientan á baño de mortero apretándolos para afirmarlos mientras la mezcla está húmeda, á fin de que ésta llene bien todos los huecos. Una vez fraguada la mezcla, debe evitarse toda conmoción ó golpe en los materiales porque esto quebrantaría el mortero y se conseguiría una fábrica mucho más inferior que si fuese de mortero común.

Los mismos cuidados exige el empleo de las piedras artificiales fabricadas con cemento ó cal hidráulica. Hay que observar que su empleo debe retardarse lo suficiente para que el mortero con que están fabricadas tenga hecha su completa desecación y no haya contracción en su volumen, cuidando de todos modos de mojarlas antes de su empleo.

1828. Por su poco peso, tiene el yeso numerosas y útiles aplicaciones en tabiques y construcciones que deben ser ligeras, y por su pronto fraguado economiza cimbras en la construcción de bóvedas. Su docilidad y finura le hacen además muy á propósito y casi el único en cielos rasos y molduras. En cimientos y sótanos, sin embargo, es de funesta aplicación porque por su gran afinidad con el agua absorbe constantemente la humedad de los terrenos, la eleva por medio de la capilaridad y la transmite á todas las partes del edificio. El yeso, además, es muy propenso á ser atacado por el salitre, y hasta hoy ha sido imposible remediar sus efectos.

1829. DETALLES REFERENTES Á LA EJECUCIÓN DE UN EDIFICIO.—La práctica de las obras enseña que para llevarlas á cabo con celeridad y economía, así como con el menor riesgo posible, deben estar bien ideadas en emplazamiento conveniente y han de estar preparados de antemano los materiales y dispuestos los obreros, y Paladio aconseja que una obra debe acabarse con la presteza debida sin apresurarla por eso demasiado.

Cuando una obra se ejecuta con ladrillo, el espesor de las paredes, bóvedas ó arcos y de otras

obras, se acomoda al tamaño ordinario de aquel material en la localidad donde se construye.

Cuando las paredes son de tierra no pueden tener menos de 35 centímetros de espesor, no debiendo elevarse más de 6 á 10 metros. Si se hacen con mezcla hidráulica puede dárseles un grueso de 15 á 17 centímetros.

1830. Aunque al trazar los planos de un edificio se tienen ó deben tenerse presentes su ventilación, caldeamiento, alumbrado y surtido de aguas, así como el desagüe de las sobrantes, de las pluviales y de las sucias y la disposición que han de tener los hilos conductores de electricidad, ya sean de telégrafo, de teléfono, de pararrayos ó de alumbrado; el constructor, sin embargo, debe penetrarse antes de empezar una obra de la importancia y necesidad de estos diferentes servicios para disponerlos ó hacer que se dispongan al mismo tiempo que se ejecutan las fábricas de paredes y suelos, ó si esto no es posible, para dejar en ellas los huecos adecuados donde instalarlos después, porque de no tener esta precaución surgen luego dificultades y trastornos en las obras, que afean su aspecto ó destruyen su solidez además de originar mayores gastos.

1831. Conviene, por lo tanto, al hacer el relleno de cimientos, construir las alcantarillas, cañerías ó tuberías que han de conducir las aguas potables para el surtido del edificio, las de las pluviales para los aljibes y las de desagüe de las sobrantes y de las procedentes de la limpieza y excusados. Los alambres conductores de electricidad que se han mencionado antes, exigirán muchas veces el establecimiento de tuberías á través de los cimientos, y esta clase de conductos será preciso instalar cuando el alumbrado sea de gas. Especialmente, cuando el edificio haya de tener sótanos, cisternas, depósitos de aguas sucias ú otras obras subterráneas, es indispensable tener presente la disposición ulterior de aquellas cañerías si no se construyen al mismo tiempo.

1832. En la elevación de paredes hay que tener en cuenta la dirección de las bajantes de aguas pluviales, de las sucias ó del surtido de las potables, la de los cañones de chimenea y de las tuberías de caldeamiento y ventilación así como de los hilos eléctricos, para dejar en dichas paredes las cajas ó ranuras donde hayan de instalarse después estos servicios. Cuando la obra está terminada y las habitaciones están ya empapeladas ó tapizadas y pintadas se ocultan los hilos detrás de los junquillos, molduras y resaltos de madera. Si los hilos son conductores de electricidad hay que aislarlos de otros metales, sean adornos ó cañerías, por una capa de caucho ó introduciéndolos en tubos de porcelana, y si los hilos sirven para el alumbrado, debe separárseles de las maderas y cuerpos combustibles para prevenir los incendios. Los tubos de papel comprimido tienen aplicación en los casos anteriores menos en el último. También conviene empotrar en los sitios convenientes de la fábrica tubos de vidrio por donde puedan atravesar las paredes los alambres de los llamadores, de los timbres eléctricos ó del teléfono y los del alumbrado.

Al colocar los marcos ó cercos de las puertas exteriores de habitaciones donde deban ponerse llamadores, se debe tener presente la clase de estos porque si son eléctricos ó de timbre, el transmitidor ó el botón de llamada han de disponerse de manera que sean visibles y esto presenta algunas dificultades cuando no se ha previsto su colocación al hacer los huecos de la fábrica y sujetar los marcos. Análoga precaución debe tomarse cuando se establecen cancelas de hierro en los zaguanes porque el mecanismo de cierre ha de estar dispuesto de manera que no pueda abrirse desde fuera introduciendo el brazo por entre los hierros.

Es necesario impedir que los trabajadores pisen la obra porque desarreglan los materiales y hay que levantarlos después volviéndolos á sentar con mortero fino antes de proseguir. Del mismo modo, cuando una piedra ú otro material se haya movido de su sitio ó haya que moverlo, lo que sucede muchas veces recien puestos, es necesario renovar el mortero donde está encarcelado porque el anterior se habrá unido con el material, es decir, habrá hecho ya clavo y no volverá á hacerlo nuevamente.

Asimismo, al continuar una obra suspendida por algún tiempo debe limpiarse bien levantando los materiales que por cualquier causa hayan sufrido movimiento, renovando con mortero fresco el que no se halle en buen estado.

Los muros ó macizos de fábrica que tengan algún espesor no deben revocarse inmediatamente después de construidos porque el agua descenderá con más fuerza al terreno y recogerá el salitre, el cual aparecerá luego por las paredes arriba.

1833. El relleno de un enmaderado que ha de formar piso, no debe hacerse mientras no esté cubierto el edificio, pues que las lluvias causan si no

grandes desperfectos; y cuando los pisos son de bóveda, además de esta causa, existe la de que su empuje no está contrarrestado con el peso superior de las paredes.

1834. MEDIOS DE SANEAR Ó DESECAR LOS PISOS BAJOS.—Los suelos de los pisos bajos son generalmente húmedos y varios son los medios que pueden adoptarse para que no tengan este defecto. Puede sustituirse el suelo natural sobre el que se hace el solado con una capa de hormigón hidráulico, encima del cual se tiende otra de asfalto para recibir los durmientes del entarimado ó el solado de piedra ó baldosa que se desee.

Igual resultado puede obtenerse haciendo una excavación de 40 á 50 centímetros de profundidad en toda la extensión del piso y echando en lugar de la tierra excavada una capa de piedra partida, canto rodado ó carbonilla sin mezcla alguna de tierra. Aun habiendo sótanos debajo se siente humedad en los pisos si la bóveda no se ha enrasado de este modo ó no se extiende la capa de hormigón y asfalto, pues la humedad se introduce por la bóveda y por los muros.

Otro medio de establecer los solados de un piso bajo, consiste en levantar sobre el terreno ó sobre la bóveda unos muretes paralelos á modo de durmientes, que reciban el entarimado ó enlosado. Estos muretes se deben preparar además contra la humedad, por medio de una mezcla hidrófuga. Por este medio y practicando agujeros en las paredes exteriores, si el piso está más alto que la calle, podrá circular el aire que impedirá el paso á la humedad evaporándola (1675).

1835. MEDIOS DE ABREVIAR LA DESECACIÓN DE LAS FÁBRICAS.—Las casas recien construidas son, como se sabe, húmedas y por lo tanto insanas. Para acelerar su desecación, se pueden cerrar las puertas y ventanas, tapiando las chimeneas y demás salidas y encender después braseros ó estufas hasta obtener una temperatura de 35 á 40 grados centesimales. Al pie de las paredes y de metro en metro de distancia, se colocan vasijas vidriadas, anchas de boca, con 250 gramos de salitre sin purificar y otro tanto de sal común bien seca, en cada vasija. Preparadas luego otras tantas personas provistas de aceite vitriolo, echarán á un tiempo sobre cada vasija 250 gramos de este aceite, saliéndose inmediatamente y cerrando las puertas para no respirar el vapor que en el momento se levanta. Repitiendo esta operación tres ó cuatro veces al día, durante cuatro semanas ó seis y abriendo en el intervalo las puertas y ventanas para que se vaya el vapor formado se conseguirá tener secas las paredes.

En algunos casos, cuando están ya algo oreadas las habitaciones, basta encender braseros de carbón durante varios días, cerrando bien las puertas y ventanas para que los gases no se escapen, saliéndose fuera, por supuesto, las personas para evitar su asfixia, pues durante la combustión el carbono se combina con el aire formando ácido carbónico, el cual es absorbido por la cal de las paredes, favoreciendo su desecación rápida. Después se abren todas las puertas y ventanas para que se ventilen las habitaciones.

Cuando se hacen reparos en los edificios y es urgente secarlos para que la humedad no perjudique, se pueden emplear hornillas donde se encienda carbón, dirigiendo el calor á la obra reciente por medio de tubos.

CAPÍTULO X

Conservación, reforma y demolición de edificios

ARTÍCULO I

Del deterioro y ruina de las construcciones.

1836. GENERALIDADES.—Los agentes atmosféricos y las semillas que llevan los vientos ocasionan en las obras desperfectos, el salitre las desorganiza, el uso las desgasta y las debilita con los varios esfuerzos á que se las somete, la desigual resistencia ó cimentación de unos puntos respecto de otros las desune é igual efecto causa la mala distribución de las cargas y aun en obras perfectamente construidas la continuidad de los esfuerzos las enerva y concluye al fin con su resistencia.

En las obras de madera, además, las alternativas de humedad y sequedad las descompone y los gusanos ayudan y activan esta descomposición. En las metálicas el moho las ataca, las corroe y destruye y con el tiempo pierden su elasticidad y resistencia, habiéndose observado que en ciertas circunstancias lo mismo el hierro que el acero sufren una cristalización interior que disminuye considerablemente su resistencia y hace temer que las obras metálicas tengan con el tiempo un mal resultado. La viguería de hierro empotrada en las paredes tira de ellas ó las empuja con las contracciones ó dilataciones, como ya se ha hecho observar en el curso de esta obra.

1837. CAUSAS Y SEÑALES DE RUINA EN UN EDIFICIO.—Se consideran como causas de ruina: la falta de dimensiones en los cimientos, paredes, bóvedas, apoyos, suelos y armaduras: la mala calidad, colocación y combinación de los materiales, así como el descuido de su conservación aunque sean buenos y estén bien trabajados, y, finalmente, los deterioros y movimientos ocasionados por un caso fortuito ó por las construcciones contiguas subterráneas ó descubiertas.

Una obra se halla en ruina *incipiente, avanzada* ó *inminente:* está en el primer caso cuando empieza la desorganización de sus partes más principales como cimientos, zócalos, paredes de fachada, etc.; es avanzada si las señales y destrozos, siendo más marcados, no amenazan seriamente á las paredes sostenidas por la que está ruinosa; y se considera como ruina inminente cuando la desorganización ó desvíos son tales que con arreglo á las leyes de la mecánica y resistencia de materiales no puede sostenerse la obra, debiendo el mantenerse todavía en pie á causas desconocidas como trabazones, cohesión de los morteros, cargas que contrarrestan los empujes, etc. Esta inminencia no quiere decir que la obra se haya de derrumbar inmediatamente, sino que faltándole las condiciones de equilibrio y desconociéndose las causas que la sostienen, no existe garantía alguna respecto de su vida, la cual puede terminar de un momento á otro ó conservarse algún tiempo y no deben hacerse en ella trabajos que pudieran suprimir algún enlace por el que quizas se mantenga en pie.

1838. La ruina se anuncia por grietas más ó menos profundas que recorren las partes principales de la obra, por pandeos, desmoronamientos, desplomes ó hundimiento del terreno. La ruina avanzada se indica por el ensanche de las grietas cada vez mayor, así como por el aumento del desplome, de las deformaciones ó pandeos de paredes, ó porque los cercos de puertas ó ventanas se doblan bajo el peso de la obra superior.

Según el Prontuario de Arquitectos, las señales

de ruina en un edificio son: 1.° Cuando á consecuencia de una obra cualquiera contigua á una fachada ó traviesa de carga ó cerramiento se haya rebajado ó vaciado el terreno hasta el nivel de la parte inferior de los cimientos y quede entre la encía superior del vaciado y el cimiento, una hoja de *arena suelta* de un espesor menor de 11 decímetros presentándose además en el desnudo de la fábrica las grietas horizontales, verticales ú oblicuas. 2.° Cuando por los efectos del tiempo transcurrido desde su construcción, tengan las fachadas, traviesas de carga y cerramiento en estado de descomposición la mayor parte de sus machos, columnas, pilastras, estribos, arcos, umbrales ó los entrepaños de las puertas y ventanas. 3.° Cuando la fachada ó medianerías (en las casas salientes) que lindan con la vía pública estén colgantes hacia ésta la mitad de su espesor en la altura de sus diferentes pisos cualquiera que sea el estado de conservación de sus machos, pilastras, estribos, arcos, umbrales ó entrepaños. 4.° Cuando en una fachada ó medianería que tenga talud por el paramento de la vía pública, se haya ocasionado por el opuesto un desplome igual al talud de la cara que da á la vía pública. 5.° Cuando los cimientos de una construcción cualquiera estén en mal estado ó sean de materiales incapaces de resistir la carga que ha de gravitar sobre ellos ó estén faltos de dimensiones, aunque no se haya manifestado en el resto del desnudo ningún talud, desplome, bombeo ni grieta. 6.° Cuando en las fachadas ó medianerías lindantes con la vía pública se presenten en sus partes inferiores *bombeos* de una sagita igual á la mitad del grueso de los muros sobre que insisten. 7.° Cuando en una pared de tierra lindante con vía pública se haya producido un desprendimiento informe de una profundidad igual á la mitad del grueso de la pared y en una longitud de cuatro metros. 8.° Cuando en una construcción se produzcan á la vista *grietas* ó movimiento de *resbalamiento* ó *giro* perceptibles por medio de *registros*, ó cuando se sienta ó perciba de día ó de noche el ruido y el polvo en cantidad sensible ocasionado por el desprendimiento de tierra, arenas ó granzas de yeso, especialmente en las ocasiones en que, próximo á la construcción, circulen carruajes. 9.° Cuando en una construcción ó muro exista una fractura á lo largo y en sentido horizontal ó próximamente, de manera que atraviese los dos haces, presentándose por el uno más alta que por el otro la mitad ó próximamente del grueso del muro. 10.° Cuando una fachada ó medianería de fábrica lindante con la vía pública no tenga unión en sus extremos ni en toda la línea con ninguna otra construcción, ni esté contraventeada, ni empotrados sus pies derechos, superior é inferiormente y su grueso sea menor que $^1/_{12} = 0,0833$ de su altura. 11.° Cuando se presenten grietas en sentido vertical ú oblicuo, que dividan en *hojas* el espesor del muro, y uno de los lados del paramento de la fachada ó medianería contigua á las *grietas* se halle más avanzado hacia la vía pública que el otro.

1839. ASIENTO Y SENTIMIENTO DE LAS OBRAS.—Es necesario saber lo que es el *asiento* y lo que es el *sentimiento* para conocer la importancia de las grietas que se observan en una obra. El asiento es natural y depende de que los materiales, al encontrarse comprimidos, se contraen y entre una obra nueva y una vieja sucede que en aquélla se producen los efectos de la compresión cuando en ésta ya hace tiempo que este hecho se ha verificado, traduciéndose esta desigualdad por medio de una desunión. El sentimiento sobreviene en una obra por varias causas: por el excesivo peso ó empuje de la obra, que vence la cohesión de los materiales cargados en peores condiciones, haciéndolos saltar, en cuyo caso falta la construcción de este apoyo, se siente; porque las fundaciones no son suficientes ó tienen defectos de construcción; porque la acción de los hielos destruye algunos materiales ó la humedad deshace la cohesión de los morteros; porque las cargas exteriores que provienen de otras construcciones no están bien contrarrestadas; porque los espesores de los muros ó bóvedas no son suficientes; porque al hacer excavaciones para obras contiguas, se descarnan los cimientos de la que ya está construida ó se les quita el apoyo, mucho más si aquéllos se socavan, y en fin, por las trepidaciones que unas fuerzas ú otras producen. El sentimiento se manifiesta por grietas, cuya dirección señala suficientemente el esfuerzo que ha originado el movimiento de la obra.

El sentimiento en las obras metálicas es siempre difícil de descubrir y muy peligroso. Se acusan por pequeños pelos invisibles á la simple vista y se notan solo por el sonido á cascado cuando se golpean con un martillo.

En las obras de madera se manifiesta el sentimiento por medio de grietas, roturas ó pandeo y en ciertos casos por ruidos especiales que produce.

Los techos ó pisos y las cubiertas se abarqui-

llan porque la permanencia de las cargas pandea la viguería, lo cual no tiene importancia, ó porque se ha roto alguna pieza ó se ha podrido por sus entregas, en cuyo caso hay que reponerla con otra nueva.

1840. CUARTEOS Ó HIENDAS.—Las grietas ó hiendas que aparecen en los revoques, provienen muchas veces de estos mismos que se abren por falta de cohesión en los morteros. Cuando penetran dentro de la fábrica y tienen las sinuosidades de las juntas, pueden provenir de un movimiento sísmico del terreno ó del resbalamiento de los materiales en sus lechos, por consecuencia de empujes parciales ó de mala colocación y asiento durante su construcción, cuyas causas pueden producir fatales consecuencias y más si están favorecidas por un desplome en la pared que aumente la inclinación de la superficie de resbalamiento.

1841. El sentimiento de una pared aislada, se manifiesta por medio de grietas que pueden aproximarse á la vertical ó á la horizontal ó á ambas combinadas, debidas las primeras á un defecto de la cimentación que produce una desigualdad en el asiento general y las segundas á que la parte inferior ha hecho un asiento mayor que la superior.

Las grietas verticales que se hallan en la unión de una fábrica nueva con otra vieja, son generalmente de poca importancia cuando proceden del asiento que toda obra nueva tiene que hacer; pero pueden provenir de asientos desiguales en la fábrica ó en el terreno sobre que descansan y esto exige alguna más atención. Las medianerías, como las transversales del edificio, pueden resentirse por defectos de cimentación ó por quedar al descubierto á consecuencia de excavaciones practicadas en el predio contiguo. En caso de que las grietas sean horizontales y vayan acompañadas de un pandeo superior ó desplome, pueden indicar una separación del muro, según su longitud, que desligue sus dos paramentos convirtiéndolo en dos de poca resistencia y por consiguiente de urgente remedio.

1842. Las grietas que se presentan en los techos son debidas casi siempre á que la viguería cede con la constancia del peso que carga sobre ella, abriéndose por lo tanto el enlucido que es más rígido que ella, y cuando esto es así las grietas siguen una dirección normal á los maderos de suelo. Puede también provenir el sentimiento de haberse roto ó podrido alguno de estos maderos, sea en el medio sea por las entregas. En los pisos cuajados, las grietas abiertas en la unión del forjado con los maderos indica que la tomiza que sostiene el forjado está podrida y por lo tanto que éste puede desprenderse. El cielo raso formado con caña ó latas clavadas, se resiente algunas veces y se agrietea antes de caerse cuando la tortada tiene un grueso considerable y no es bastante la adherencia del mismo con la parte vegetal para sostenerse.

1843. La situación de las grietas en los arcos ó bóvedas, indica su gravedad relacionada con la manera de actuar, según la Mecánica. Sin embargo, la fuerza de cohesión de los morteros en Extremadura, quita importancia á las grietas que se abren en casi todos los arcos junto á la clave, cuando se les descimbra inmediatamente después de cerrados ó terminados.

Cuando se carga un arco antes de que éste haya hecho su asiento, se abren grietas en la parte cargada que destruyen la trabazón entre ésta y la que se apoya en los estribos.

1844. PANDEO Y DESPLOME DE LAS PAREDES.—Cuando las grietas son por el interior, la desunión unas veces es inapreciable á la simple vista y otras se demuestra presentando en el paramento una protuberancia ó *barriga*. En ambos casos la indica el sonido sordo cuando se golpea con el martillo y es de importancia su remedio, porque dividida la pared en dos no presenta la resistencia necesaria.

Los revoques se afollan ó se desconchan, desuniéndose de la fábrica por falta de cohesión, debida unas veces á la humedad que escupe aquélla cuando se revoca antes de estar seca, y otras á que penetra la humedad de la lluvia por la parte superior de la pared ó por alguna grieta, lo cual sucede muy comunmente en las paredes de tierra, haciendo á ésta pulverulenta y sin resistencia alguna.

1845. Las paredes exteriores de un edificio tienden á desplomarse colgando hacia fuera por muy diversas causas. Entre ellas está la falta de apoyo por este lado, si no está bien contrarrestado por la trabazón y encadenamiento con las paredes interiores; la diferencia de humedad que hay entre la parte exterior y la interior, lo cual hace que los cimientos asienten más por fuera que por dentro y la trepidación de los carruajes que conmueve las fábricas, cuya conmoción encuentra un gran contrarresto en los suelos y paredes transversales y ninguno por el lado opuesto. Á estas causas se favorece con el empuje de las cubiertas, especialmente cuando no están atirantadas, con los movimien-

tos de la viguería de pisos que al aumentar de volumen ó dilatarse empujan hacia fuera y con los empujes de las bóvedas donde éstas forman los pisos.

1846. HUMEDAD DE LAS PAREDES Ó FÁBRICAS Y SUS EFECTOS.—Como se dijo al hablar de los cimientos (526) y de la construcción de paredes (744), varias son las causas que producen la humedad. Si el muro sostiene tierras, éstas se la facilitan; si están al aire y los materiales son porosos ó tienen propiedades higrométricas, dejan paso al agua de las lluvias ó absorben el vapor de la atmósfera por medio de la acción capilar.

La naturaleza del suelo influye considerablemente en la humedad de los muros, siendo tanto peores los terrenos cuanto más permeables son, así como si el edificio está próximo á un río ó terreno húmedo, ó se halla en lo bajo de una pendiente y ésta además se ha construido con un terraplén. Por el contrario, los terrenos empedrados y más los enlosados no dejan pasar tanta humedad como los naturales. El alcantarillado de las poblaciones y cualquier otra cañería subterránea que tenga vacía la mayor parte de su sección, recoge las filtraciones del terreno y éste por lo tanto no facilita tanta humedad.

1847. Los materiales son todos más ó menos higrométricos y absorben por efecto de la capilaridad la humedad que encierra el suelo penetrándole en todas direcciones de una manera siempre creciente si no logra estar combatida por la acción secante del aire atmosférico y del sol. Las sustancias que se interponen para el asiento de las piedras, siendo más permeables que éstas, se descomponen primero; las juntas se falsean y ahuecan y la humedad, encontrando un punto donde alojarse, se posa entre las dos aristas de la piedra, y estas partes húmedas, favorecidas por las alternativas del frío y calor, acaban por descomponerse y caer pulverizadas, acudiendo en su lugar las semillas é insectos, de modo que entre unas y otras causas se acelera la ruina de la obra.

1848. Efecto de la humedad ó por su medio aparece el *salitre*, esa lepra roedora como le llama Moisés en el Levítico. Iníciase su presencia por una especie de manchas pardas que se recubren de una costra blanquecina como harinosa que destruye poco á poco los morteros y los convierte en una arena alcalina, siendo fácil entonces separar los ladrillos ó piedras sin gran esfuerzo si el salitre no los ha transformado ya en una masa movediza y blanda.

Los materiales llevan muchas veces consigo el salitre sin que den de ello indicio alguno; y cuando no, la descomposición de las materias orgánicas de los establos, letrinas ó estercoleros lo producen condensando el amoníaco por medio de la humedad en las paredes ó subiendo con las aguas por medio de la capilaridad para corromperse y formar el nitro.

1849. CAUSAS DE DETERIORO EN LAS CUBIERTAS.—Los movimientos debidos á la contracción y dilatación en las armaduras metálicas y los de la flexión á que están sujetas, más especialmente las de madera, contribuyen al deterioro de las cubiertas. En los revestimientos metálicos, además, aquella misma causa ocasiona tan pronto abolsados como arrugas, seguidos al deshacerse de tensiones; y esta acción, repetida una y otra vez en los mismos puntos, concluye por agrietar y romper las planchas, rasgar ó ensanchar los agujeros en los puntos de sujeción, deshacer los redobles y cubrejuntas y dar paso al agua, que infiltrándose por ellos daña á la armadura. En el cinc, además, la proximidad de árboles, especialmente los nogales, lo destruyen enérgicamente cuando las hojas arrastradas por el viento se humedecen con la niebla, la escarcha, la nieve ó la lluvia, produciendo la corrupción del metal por la acción de los ácidos vegetales. Si el revestimiento es de hierro galvanizado, la acción eléctrica que se desarrolla con la presencia de dos metales cuando está favorecida por el agua, acelera la pérdida de la obra.

En cubiertas de pizarra, los agujeros por los que están sujetas se ensanchan con los movimientos indicados, los clavos se corroen con la humedad y las aguas y las heladas disuelven ó desorganizan poco á poco el material.

Las tejas, especialmente las árabes, recogen el polvo entre sus poros, lo detienen ó acumulan y con la humedad se producen plantas que obstruyen el paso á las aguas de lluvia, las cuales, detenidas, se introducen por debajo del revestimiento, siendo tanto más abundante el agua detenida que se infiltra cuanto mayor es la longitud de la canal que hay por cima de la gotera hasta la cumbre. Las tejas que están simplemente colocadas sin mezcla alguna que las detenga en su posición, resbalan, además, de una manera insensible hácia el alero y con el tiempo se produce una desunión junto al caballete

ó cumbre por donde se introduce el agua de la lluvia y de la nieve.

Los revestimientos de asfalto se deterioran por los movimientos de la armadura que los agrietean y destrozan con facilidad ó por el desgaste natural aunque lento de los agentes exteriores. Un excesivo calor, si el asfalto no tiene las condiciones que exige la localidad en que se aplica, reblandece la pasta y si se pisa entonces quedan impresas las huellas y en ellas se deposita después el agua, siendo causa de deterioro.

1850. DETERIORO DE OBRAS MOVIBLES.—La sequía, cuando es de duración y á las elevadas temperaturas de los países cálidos, produce una contracción ó encogimiento extraordinario en las maderas; y si no se han tomado las convenientes precauciones en la construcción de una obra de carpintería, las ensambladuras se aflojan, las cuñas y clavijas se desencolan y se caen y las juntas al tope se separan ó abren, resultando de ello que la obra pierde su forma, y en una puerta, por ejemplo, como la de la *fig. 1756*, el ángulo superior *a* del lado que está colgada se cierra y el adyacente *b* se abre de la manera indicada de puntos, que es lo que se dice *caerse de escuadra*, bajando la puerta de este último punto y arrastrando por el suelo. La puerta entonces no encaja bien en su cerco, el carpintero llamado á componerla recorre los cantos con el cepillo hasta que ajustan, saliendo así del paso, y la puerta queda ya defectuosa para siempre dando paso á la luz y al aire por la parte superior.

Los goznes ó bisagras con el constante uso de las puertas se desgastan y se aflojan á lo que contribuye mucho la sequedad de la madera que, contrayéndose, ensancha los agujeros donde están alojados los clavos ó tornillos de sujeción.

En las vidrieras se quiebran muchas veces los cristales por estar flojos ó sueltos y no poder resistir los choques del bastidor ó marco contra los cercos ó las otras hojas de la puerta. También se quiebran cuando están muy ajustados contra la madera, porque al hincharse ésta los comprime fuertemente y los hace estallar.

La pintura se descascarilla con el sol cuando la imprimación es de cola, y cuando no, se reseca y quedando solo la parte mineral del color ésta recubre poco la madera y no la preserva de los agentes atmosféricos.

1851. RECONOCIMIENTO DE CONSTRUCCIONES PARA AVERIGUAR SU ESTADO.—Cuando se abrigan temores acerca de daños ó del estado de una fábrica, se debe examinar con detención para descubrir las menores grietas, hiendas ó pelos y las deformidades que los paramentos presenten. Se golpea con un martillo y si su sonido es seco y claro indica que la fábrica está en buen estado; si el golpe suena sordamente demuestra que existe algún vicio ó desunión entre los materiales de que se compone.

Cuando se nota una hienda ó grieta es necesario, ante todo, reconocerla bien en todas sus direcciones, comprobar la horizontalidad de una arista ó línea de hilada, tocarla con el dedo para investigar cuál es la parte movida y en qué sentido y cuál es la que está inmovil, comprobando con golpes de martillo su oculta dirección y el estado de la fábrica, examinar luego los esfuerzos á que ésta se halla sometida, la manera como están enlazados los materiales y adquirir, en fin, noticias sobre la cimentación. Se ponen, finalmente, señales para darse cuenta al cabo de algunos días de la importancia del movimiento, ya introduciendo cuñas en las grietas ó tapándolas, ya haciendo rayas transversales en los límites de las grietas ó pegando transversalmente á ellas dos tiras de papel que se desprenden cuando sigue el movimiento. El tapado de las grietas no es indicio seguro algunas veces, pues se abren por la contracción del material empleado y hay ocasiones en que nunca se consigue cerrarlas completamete.

En el reconocimiento de las grietas hay que hacer muchas veces unas rozas más ó menos extensas y profundas para franquearlas, es decir, para descubrirlas bien, quitando para ello los revoques y los morteros viejos.

1852. Servirá de mucho para averiguar las causas que han ocasionado un deterioro en las obras ó su destrucción, el observar cuidadosamente si cuando se han ejecutado se han tomado todas las precauciones que el arte enseña, pues á veces, de faltar alguna de ellas, al parecer insignificante, sobrevienen accidentes de importancia cuando obran de consuno la calidad de los materiales, el sitio en que se emplean, el clima, el servicio á que se ha destinado la obra y otras circunstancias especiales.

1853. Las ensambladuras en las obras de madera deben reconocerse minuciosamente practicando para ello incisiones con un formón ó taladros con una barrena ó berbiquí. Las entregas ó empo-

tramientos en fábrica se pudren también con facilidad y más cuando puede penetrar la humedad. El estado de la madera se reconoce por el golpe de un martillo, que lo dará seco si está buena y sordo si no lo está.

1854. La cubierta de un edificio es, sin duda alguna, lo que debe vigilarse más constantemente reconociendo la tablazón que recibe el revestimiento, si los clavos que sujetan las pizarras están flojos y pueden desprenderse ó hay vegetación en las canales, alguna teja ó pizarra rota, planchas agrietadas, etc., ó existen hiendas en las uniones con las paredes por donde pueda penetrar el agua y si las cañerías y tubos bajantes están obstruidos.

En los pararrayos se debe examinar con cuidado si hay alguna solución de continuidad porque pudiera ser causa de graves accidentes, ó falta la conveniente humedad al pozo donde está sumergido ó enterrado el pierde-fluidos.

ARTÍCULO II

Del apeo para demoliciones ó reconstrucciones.

1855. APEO DE CONSTRUCCIONES.— Cuando en una construcción se producen averías que pueden comprometer su estabilidad, es necesario proporcionar apoyos provisionales, es decir, *apear* la obra resentida ó que pueda llegar á resentirse para impedir que el mal haga progresos y evitar reparos posteriores que son muy costosos, si no son además arriesgados.

El apeo de una obra consiste en una armazón de madera en la que entra alguna vez el hierro como auxiliar. Algunas veces basta el empleo de puntales *P (fig. 2035)* más ó menos inclinados, que apoyan en tablones tendidos en el suelo y que por su extremo superior ó cabeza *L* reciben la fábrica. Otras veces se apea ó sostiene la construcción *(figura 2035)* con codales *C, C,* como los que se emplean para la entibación de zanjas en la apertura de cimientos (533), los cuales ejercen una compresión contra las paredes que han de entibar cuando se les obliga con un martillo ó mazo á tomar la posición adecuada. En otros casos se arman grandes sistemas de carpintería como las cimbras de los arcos. Es por lo tanto difícil dar reglas fijas y precisas para sostener edificaciones que han de derribarse en parte con objeto de repararlas ó reformarlas. El atento estudio de la obra que ha de ser sustituida indicará la combinación de las piezas que han de formar el apeo, y la experiencia ayudará á resolver las dificultades de ejecución. Daremos sin embargo algunas reglas generales á que deben ajustarse los apeos dejando para el artículo siguiente el tratar de algunos medios aplicables en cierta clase de reparos y reformas.

1856. Los apeos han de sostener la parte que ha de quedar en pie sin alterar su solidez, evitando el empleo de demasiada cantidad de madera, porque además de aumentar el gasto sin necesidad, sería un estorbo para la libre ejecución de la obra. Mucho influye también la habilidad de los operarios que hacen el apeo en que sea seguro su éxito.

La madera que debe emplearse en apeos, apuntalamientos ó entibaciones conviene que sea recta, de la longitud necesaria para que no haya necesidad de empalmarla y que no se doble fácilmente. La que ha de sufrir compresión en sentido perpendicular á las fibra, debe ser dura para que no ceda en este sentido y todas las piezas que se empleen deben disponerse de manera que ninguna de ellas tienda á contrariar el efecto de las otras, para que unidas todas concurran al mismo fin que es sostener y mantener inmóviles las partes que haya necesidad de apear ó apuntalar.

Los puntales no siempre deben apoyar directamente en la pared que apean. Es preferible introducir en el rebajo que se practique en ella, una piedra ó losa *L (fig. 2035)* contra la que haga fuerza el puntal. La cabeza de éste, cuando el estado de la pared no inspira confianza, se apoya contra un tablón aplicado de plano en la pared, el cual extiende la acción del apoyo á mayor superficie. Entre el puntal y los tablones inferior y superior se introducen cuñas dando en ellas martillazos con cuidado, según indican las flechas, hasta conseguir una perfecta estabilidad, conociéndose que el puntal hace su efecto cuando golpeándolo suavemente con el martillo produce un sonido seco. Obtenido esto, conviene asegurar las cuñas con clavos para que no puedan aflojarse ó huir, pues su movimiento acarrearía la del puntal y por lo tanto éste dejaría de trabajar.

La inclinación de los puntales depende de la dirección del esfuerzo que han de resistir. Para aguantar el peso vertical de una pared que se halla en buen estado y que ha de reformarse por su par-

te inferior, se disponen con el pie inmediato al muro de modo que su inclinación con el horizonte no baje de 68°, con lo que además se evita el riesgo de que resbalen por su pie llevándose tras sí las cuñas, las cuales pueden excusarse si los puntales tienen una situación casi vertical. Por el contrario, cuando el muro está desplomado, se procura que los puntales tengan una gran oblicuidad para que el empuje de aquél ejerza la presión en sentido del eje del puntal.

Si el terreno donde se sienta el tablón para servir de base á los puntales no presenta la dureza bastante en la superficie, habrá que cavarlo hasta encontrar la suficiente resistencia ó disponer una plataforma de tablones que abarque mayor extensión, cuya base debe tener la inclinación conveniente para recibir lo más normalmente posible la presión de los puntales, acuñándola bien por debajo contra el terreno para que asiente bien en él empleando al efecto piedras con mezcla ó yeso.

1857. ACODALAMIENTO DE VANOS Ó HUECOS.—La reforma ó reparación de edificios exige, como ya se ha dicho, el apeo de la fábrica que ha de quedar en pie para que no sufra movimiento al faltarle el apoyo que se ha de sustituir; y como obra de gran necesidad es la de evitar que las jambas de una ventana ó balcón pierdan su aplomo y tiendan á unirse por consecuencia de las condiciones escepcionales en que la obra ó reparo los pone. Para precaver esta contingencia se hace el acodalamiento de los vanos adoptándose para ello distintos procedimientos. El más empleado consiste en aplicar contra las jambas unas tablas ó tablones *aa, cc (fig. 2037)* y poner después una serie de codales *C, C,* inclinados alternativamente en sentido contrario unos de otros de modo que compriman las tablas con el telar, á cuyo fin se hacen más largos que la anchura del hueco, no debiendo colocarse un codal mientras el anterior no esté bien apretado en su sitio, lo cual se consigue con mazos ó martillos que los hacen resbalar á lo largo de las tablas: así se continúa hasta llenar completamente el vano fijando la extremidad del último con una cuña que se introduce en el espacio que reste y se aprieta fuertemente con palancas si los golpes del mazo pudieran resentir las jambas. En caso de ser muy grueso el muro se hace otro acodalamiento en el derrame ó alfeizar además del de las jambas.

Otras veces se divide el vano en dos *(figura 2038)* y se disponen los codales formando cruces de San Andrés, apretando los extremos de las aspas con cuñas, cuyo sistema presenta una gran solidez y no permite ningún movimiento que pudiera alterar los ángulos del hueco.

1858. DEMOLICIÓN DE OBRAS RUINOSAS.—La ejecución de un edificio exije casi siempre el derribo de otros existentes, así como la adopción de medidas que eviten la caida de los contiguos, pues hay casos en que se apoyan unos en otros, sea sirviendo de contrarresto á los arcos ó bóvedas, sea prestando apoyo á vigas y aun reteniéndose mútuamente por el enlace ó trabazón. La operación misma de deshacer un edificio debe ejecutarse con ciertas precauciones que eviten desprendimientos peligrosos ó imprevistos.

La demolición de paredes se lleva á cabo de un modo inverso á su construcción, dando principio por la parte superior é hilada por hilada si los materiales de que se compone son de grandes dimensiones ó se han de aprovechar: en otro caso, se ataca la pared por sus costados para dejarla aislada por trozos, se socava por el lado que conviene que caiga, y con palancas, cuerdas ú otros medios se derriba.

Si la pared sostiene suelos ó techos, cubiertas, bóvedas, etc., se empieza por la demolición de estas obras para que el muro quede aislado, cuyo trabajo se hace también de un modo inverso á la edificación.

1859. Las bóvedas que son de cañón pueden deshacerse por secciones paralelas á las cabezas ó frentes, lo cual no presenta dificultades, ó puede verificarse por hiladas empezando por la clave, en cuyo caso es necesario apear la bóveda con una cimbra ligera ó con puntales que se inclinan precisamente según pide la carga que han de sostener. Estos apeos son indispensables en las bóvedas por arista, donde la caida de una hilada determina la de las inferiores. Si las bóvedas están muy elevadas este medio sería muy costoso por la gran longitud de los puntales, y se establecen entonces tirantes ó carreras *aa (fig. 2039)* sostenidas por puntales fuertes *A, A,* y apuntalando después la bóveda con otros más cortos *B, B.*

1860. Antes de derribar una pared que recibe los maderos de suelo, los cabrios ó correas de una cubierta ó cualquier otra viga, se tienen que entibar ó sostener estos *(fig. 2040)* disponiendo puntales *P, P, P'* que descansan por su pie en tablo-

nes *ss*, *s'*, tendidos en el suelo, y reciben por su cabeza las maderas que han de entibarse por el intermedio de otro tablón *cc*, *c'*. Tanto uno como otro tablón tienen por objeto, además de abarcar mayor superficie para que las presiones se repartan, servir de apoyo fijo á cuñas puestas debajo del pie y sobre la cabeza del puntal, con las que se aprieta éste introduciendo aquéllas á martillazos hasta que suena seco el golpe dado en el puntal. Para que las cuñas queden seguras en su posición se clavan á los tablones según se indica en la figura, y para que los puntales ejerzan toda su acción según su eje, se cortan sus extremidades en bisel, con lo que apoyan sobre una arista evitándose así que salten astillas del ángulo de la madera.

Si los maderos de suelo están sentados sobre vigas maestras se entiban éstas; y en todos casos se colocan los puntales casi verticales, con la inclinación precisa solamente para que queden bien rígidos.

1861. Al derribar una casa enclavada entre otras se reconoce el estado de éstas en la parte que pueda afectarlas la demolición con objeto de tomar las medidas conducentes para que no sufran perjuicios.

Las medianerías son por lo general más antiguas que las casas que separan, porque casi nunca ocurre el caso de que dos casas contiguas se reconstruyan á la vez, y por lo tanto queda siempre en pie la pared que separa los predios con objeto de que no haya que deshabitar la casa en donde no se hace obra. De aquí que en las diferentes reconstrucciones de los edificios se procure alterar lo menos posible las paredes medianeras, haciéndoles solamente los remiendos ó reparos más precisos, y estos en malas condiciones, resultando así unas paredes de resistencia y estabilidad muy desiguales que exigen grandes precauciones cuando se las desampara por uno de sus lados, que es lo que sucede al derribar una casa. Para ello, según va descendiendo el derribo se acodalan ó entiban una contra otra las medianerías *A* y *B* (*fig. 2041*), si la distancia lo consiente, empleando largos codales *aa*, *bb*, que se aprietan entre tablones *ab*, *ab* y se mantienen en su posición inclinada por medio de manguetas ó cepos *M*, *M* que evitan su flexión y les dan más resistencia. Estos acodalamientos se hacen en todos los puntos donde presenta debilidad una ú otra medianería, quitándose á medida que la nueva edificación se va levantando y proporciona apoyos más estables.

Estando muy distantes las medianerías opuestas no pueden acodalarse de la manera acabada de explicar, porque si las maderas de los codales alcanzaran de un lado á otro serán demasiado largas y se doblarían al menor esfuerzo. Se acude entonces á la colocación de parejas de puntales *tnp*, *tnp* (*fig. 2042*) que apoyando por su pie en un mismo punto *n* van á apear la medianería á distintas alturas aunque unidas por tablones *tp*. Los puntales apareados se enlazan por medio de cepos ó manguetas, como se ve en la figura, para darles más estabilidad y rigidez y descansan sobre tablones *sn* sólidamente acuñados por debajo para que descansen por igual en el suelo. Las parejas de puntales deben disponerse en un mismo plano vertical y normal á la pared, pudiendo separarse sus pies (*figura 2043*) pero de manera que no resulten paralelos los puntales para que las figuras que formen sean indeformables.

1862. Sucede también muy frecuentemente, cuando se derriba una casa, que los huecos de las fachadas contiguas (*fig. 2036*) no tienen en sus jambas *J*, *J*, la suficiente resistencia para aguantar el empuje de los arcos adintelados *D*, *D*, y hay necesidad de colocar codales *C*, *C* que contrarresten dicho empuje, transmitiéndolo á la fachada de la casa medianera del lado opuesto, ó sostener los dinteles por medio de puntales *P*, *P*, cuya operación es conveniente aunque se pongan los codales dichos. Además, como las fachadas tienden constantemente á desplomarse y esta tendencia es favorecida ahora por la falta de apoyo que le prestaba la contigua que se derriba, es conveniente disponer puntales *ap*, *a'p'*, que apeen las fachadas hasta que la derruida se vuelva á levantar.

Por descuido ó por temor de que se resientan las casas contiguas, sucede algunas veces que al abrir un cimiento, por ejemplo el *X* de la casa dibujada á la derecha de la figura, se haya dejado la excavación con cierto talud *td*, resultando de aquí que cuando se trata de abrir el contiguo *don* y se corta el terreno verticalmente según la línea *do*, aparece que la casa *X* no tiene cimiento y que descansa sobre el terreno más ó menos flojo descubierto en *od*, lo cual es menos malo que tenerlo resistente en toda la fachada y faltarle en el punto *d*, pues que éste entonces descansa sobre un prisma deleznable de tierra *tdo*; y si además en él hay un machón *M*, la consecuencia es que éste amenace caerse si no se cae inmediatamente que al prisma

tdo le falta el apoyo por el lado *do*. En este caso, hay que apuntalar de prisa y en malas condiciones el punto *d* sobre la excavación *xx* que se está practicando y colocar otros puntales *sr*, *s'r'*, *s'r'*, que tienen que descansar en la acera y dentro del solar en que se va á edificar, recibiendo oblicuamente el empuje de la fachada. La apertura y relleno del cimiento *dno*, tiene que empezarse levantando de prisa y con buena fábrica el prisma *dto* para prestar apoyo al machón *M* y recalzarlo si ha sufrido algún movimiento.

1863. Las paredes que han sido conmovidas ó agrietadas por incendio, exigen muchas veces la colocación de codales en los vanos ó huecos y de puntales en varios puntos. Estos se establecen dobles ó triples, según es la altura de la pared, como indican las *figs. 2043* y *2044*, y van á apoyar los dinteles ó arcos de las ventanas ó balcones, enlazándose unos y otros, los más largos, por medio de manguetas ó cepos *nn*, *n'*, que aumenten su rigidez. El puntal más corto *P*, no se encepa por su poca longitud.

Si hubiere necesidad de apear algunos macizos entre los vanos, se abre con cuidado un agujero como mechinal en cada uno y se introduce una vigueta de hierro *v*, *v'v'* (*fig. 2044* y *2045*), la cual se hace descansar por el extremo que penetra en el interior en un poste *P*, apoyado en el piso inmediato *T*, si tiene la conveniente resistencia, y por la parte exterior en dos puntales *A*, *A*, *A'*, á los que se les hacen los cortes necesarios en sus cabezas para que reciban el ala inferior de la doble T, sujetando además el ensamble con fuertes pernos. Si el piso *T* no presenta la suficiente resistencia habrá que colocar otros postes en los pisos inferiores, como se indica de puntos en la figura. La vigueta de hierro se forma generalmente de otras dos enlazadas de cualquiera de las maneras indicadas en las *figs. 387 á 389*.

ARTÍCULO III

Trabajos ú obras de conservación y reparos

1864. DIVISIÓN DE ESTA CLASE DE OBRAS Ó TRABAJOS.—Cuanto se ha dicho en los artículos anteriores hace comprender la conveniencia y necesidad que hay de atender á una construcción después de terminada, ya para reparar los daños que se causan, ya para prevenirlos. De esto último se ha debido preocupar el constructor al ejecutar una obra y para ello hemos hecho algunas prevenciones en el curso de este TRATADO, restándonos ahora dedicarnos á exponer los medios de remediar los daños ó deterioros que el tiempo y otros agentes producen en toda construcción.

Los trabajos necesarios para mantener en buen estado un edificio cuando las causas que producen el daño son permanentes, se deben ejecutar de una manera continua ó en períodos regulares, llamándose entonces *trabajos ú obras de conservación*, los cuales no alteran el aspecto de la obra ni le dan mayor resistencia. Mas cuando por desatender esta conservación ó porque los agentes destructores obran más enérgicamente, los deterioros son de consideración, hay que renovar ó reedificar lo que está resentido ó en mal estado para que su continuidad no comprometa la solidez de la construcción; y las obras entonces se denominan *de reparación* y son más difíciles y costosas que las anteriores. Cuando se trata de renovaciones que afectan principalmente al aspecto artístico, las obras toman el nombre de *restauración*, reduciéndose unas veces á suplir las faltas ó menoscabos exteriores y comprendiendo otras la reedificación de algunas partes.

Estos trabajos se relacionan de manera que el descuido en la conservación de una obra, exige más tarde su reparo y el abandono de éste puede acarrear la ruina, de donde resulta además que es difícil señalar el límite de separación entre unas y otras. En todas ellas hay que conocer ante todo la importancia de los deterioros ó desperfectos y las causas que los producen, para adoptar el remedio más oportuno.

1865. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DE FÁBRICA.—Como medio de conservar una construcción se puede considerar la limpieza, para evitar que se deposite el polvo que con la humedad produce daños, y la pintura, la cual debe darse después de bien limpia ó raspada la parte donde se haya de aplicar.

Los enlucidos ó revoques que están sucios, se estropajean ó limpian en seco ó con el estropajo mojado, hasta dejarlos tersos y con su color ó blancura primitiva, raspando si es necesario las porciones que estén en peor estado, las cuales se igualan después con mezcla de la misma clase, empleando para ello una espátula. Si el revoque está muy dete-

riorado, hay que picarlo en la parte descompuesta ó quitarlo, según los casos, descarnando las juntas que estaban cubiertas y recortando el revoque por donde se encuentre en buen estado, según líneas rectas, que es la mejor manera de que la unión de lo nuevo con lo viejo sea menos notada.

Las pinturas se lavan limpiándoles antes el polvo y se renuevan en caso necesario, teniendo presente que en las maderas y hierros es un poderoso medio de mantenerlas en buen estado y que en todos casos contribuyen á dar buen aspecto á las construcciones.

Cuando los sillares ó ladrillos aparentes se hallan ennegrecidos por el tiempo, hay que lavarlos, rasparlos ó picarlos, para que pierdan tan mala vista.

La limpieza se verifica unas veces por los medios ordinarios del barrido y lavado y otras por procedimientos mecánicos y químicos, inyectando con fuerza (que proporciona una máquina de vapor) el líquido destinado al lavado ó empleando el mismo vapor para arrancar por la fuerza de la presión las escorias ó polvo y las materias disueltas.

La superficie que se ha de limpiar se somete en París á una aspersión enérgica con un líquido sulfo-clorhídrico y después se frota y lava con mucha agua.

Cuando los sillares ó ladrillos aparentes se hallan ennegrecidos por el tiempo no basta lavarlos: hay que rasparlos ó picarlos, es decir, hacer una segunda labra para devolverles su primitivo color.

Los mármoles blancos, que con el tiempo han adquirido un tinte amarillento y sucio que los afea quitándoles su mérito, se limpian por varios procedimientos. Uno de ellos consiste en disolver 60 gramos de cloruro de cal en un litro de agua y mojar varias veces el mármol con un trapo empapado en esta disolución, lavando el marmol dos horas después con agua clara. Si el mármol está muy sucio se le restrega antes con esparto ó con una brocha fuerte ó cepillos.

También se quita el color amarillento al mármol blanco dándole con amoníaco puro ó diluido en agua según pida el estado de la piedra y lavándolo finalmente con agua clara.

1866. Se puede prolongar la duración de las piedras pintándolas al óleo ó empleando los medios indicados en otro lugar (72 á 75).

Daines propone dar dos manos, una de cera ó sebo y otra de azufre ó resina disueltos en aceite de linaza ó de otra clase, en la proporción de una parte de azufre por ocho de aceite. Se echan estos ingredientes en una vasija y se calientan en un baño de arena á la temperatura de 266 á 278 grados Farhenheit, hasta que el azufre esté disuelto. Luego de fría esta mezcla se aplica con una brocha limpiando antes la superficie de la piedra con otra brocha de alambre para quitarle el polvo, las plantas parásitas y las eflorescencias y pintándola si es necesario ó labrándola de nuevo.

También se da á la piedra la apariencia de nueva haciéndole un enlucido con polvo de la misma piedra. Para ello aconseja Watin que se tome una parte de cal común apagada ó hidráulica y media de polvo de piedra á la que se agrega ocre del color que más convenga. La mezcla se hace con agua en la que se haya disuelto medio kilogramo de alumbre por cada cubo y se aplica á la pared con una brocha.

1867. Donde la piedra está aparente, el mortero de las juntas se destruye con mucha frecuencia por los agentes atmosféricos y si se abandona su reposición no volviendo á tomar las juntas deterioradas, se da lugar á que las semillas que lleva el viento se introduzcan entre las piedras y favorecidas por el polvo y la humedad se desarrollen, produciéndose no solo hierbas sino arbustos y aún árboles que quebrantan los materiales ó los levantan. Es entonces necesario estirpar completamente las raices, pudiendo emplearse para ello la cal viva ó los ácidos, y después de raspar bien las juntas volverlas á tomar con mortero que debe alisarse y comprimirse fuertemente.

Si falta alguna piedra ó ladrillo ó parte de ellos, se reemplazan con otros buenos extrayendo antes lo que reste de los antiguos, así como el mortero, con objeto de que resulte el hueco necesario donde colocar el nuevo material, para cuya operación se regará antes la fábrica antigua.

Las heladas que atacando los morteros producen en muchas partes esfoliaciones, se corrigen sustituyendo los morteros comunes de las juntas con los hidráulicos que despiden antes la humedad cuando se emplean y no la admiten en tiempo de lluvias no dando lugar á que se hiele. Si el material es heladizo hay que acudir á la restauración, á ser posible, para reponer la parte quebrantada con los hielos y revestir la otra con el suficiente espesor de fábrica inatacable, á fin de que pueda evitarse su completa ruina. En ciertos casos bastará un chapa-

do de ladrillo ó de losas de canto que deben trabarse con la fábrica de la pared.

1868. RESTAURACIÓN DE LA PIEDRA. —En reparación de obras de piedra blanca, se usa para reparar los deterioros ó desperfectos la composición siguiente: por cada 100 kilogramos de mezcla hecha con dos partes de polvo de piedra caliza, finamente tamizada y una de arena, se agregan 12 kilos de litargirio (óxido de plomo en láminas) molido, lo cual se mezcla bien y se pasa por un tamiz para conseguirlo mejor. Cuando se ha de emplear se añaden 9 litros de aceite de linaza bien rancia y se bate fuertemente para hacer una masa compacta que es tanto mejor cuanto más se la trabaja. Se le mejora agregando al litargirio 4 ó 5 kilogramos de albayalde.

1869. Se han reparado en París las fachadas de algunos edificios construidas de piedra caliza *(a)* con una mezcla compuesta de dos partes de óxido de cinc, dos de piedra caliza en polvo y una de arena, á la que se agrega ocre como materia colorante. Se prepara una disolución saturada de seis partes de cinc en ácido clorhídrico del comercio, adicionado con sal amoníaco, cuya disolución sea en un volumen de agua doble del suyo, y cuando ha de emplearse se echan 240 gramos de mezcla en cada litro de la disolución para formar la masa.

1870. Los mastics de que se ha hablado (243), sustituyen las partes desprendidas de los sillares de las fachadas y el comercio tiene algunos preparados con el mismo objeto. El que se fabrica en Alemania llamado *mastic-betún*, se compone de unos polvos blancos y de un líquido que se mezclan al ir á emplearlos, agregando de dos á cuatro partes de polvo de piedra ó de arena, para formar una masa cuyo endurecimiento es tan rápido que no debe prepararse más que la cantidad que haya de necesitarse en media hora. Para aplicarlo se limpia antes la superficie quebrada de la piedra, procurando quitar todas las materias grasas que hubiere, y si la parte que ha de restaurarse fuera lisa, se pica para que presente una superficie áspera, y después de hecha la restauración se cubre con un paño mojado para evitar que se seque con rapidez, siendo conveniente por esto que no haga mucho calor y preferible la temperatura de 15°. Las piedras blandas que absorban mucha agua, se deben mojar hasta la saturación antes de aplicarles el mastic-betún. Se consigue el color adecuado que ha de presentar la parte restaurada, empleando colores minerales, como el ocre amarillo, el óxido de hierro, el azul ultramar, etc., y el negro animal.

(a) Esta piedra es blanda, de grano regular y dócil á la herramienta, consiguiéndose con ella contornos y líneas puras y delicadas, pero en cambio es bastante frágil y su porosidad es un inconveniente para la lluvia.

1871. CONSERVACIÓN DE OBRAS DE MADERA.—Para este objeto se hace uso de la brea ó de la pintura al óleo, y cuando la madera ha entrado en putrefacción se renueva, cuya operación debe hacerse por partes, variando si es necesario el ensamblaje, que es el punto más propenso á descomponerse.

Cuando la madera está corroida por la polilla ó por plantas criptógamas se las puede dar con ácido sulfúrico en la parte atacada que la carboniza destruyendo los organismos, ó con brea ó una disolución de sulfato de cobre en varias manos, dada con una brocha.

1872. CONSERVACIÓN DE LOS METALES.—Una limpieza constante y esmerada y la preservación de la humedad, es lo que debe procurarse para la buena conservación de los metales y por esto último, cuando se limpien, deben dejarse bien secos.

Se limpia el hierro de las construcciones extendiendo sobre su superficie, por medio de una espátula, una capa de 1 á 2 $^{m}/_{m}$ de una sustancia alcalina llamada *tologeno* que se compone de carbonato y de hidrato de cal mezclados. Se la deja durante dos horas y cuando se la despega al cabo de este tiempo, arrastra consigo la parte grasa de la turpina, no dejando más que el minio, el cual se quita con una brocha ó por medio de un chorro de agua.

Contra la cristalización interior del hierro y del acero, de que se ha hecho mención (1836), se ha notado que el recocido les devuelve su resistencia primitiva, pues en una cadena cuyos eslabones se habían hecho tan sumamente frágiles que se rompían al golpearlos sobre el yunque, se probó que calentándolos al rojo y dejándolos enfriar lentamente volvían á adquirir sus propiedades primitivas.

1873. CONSERVACIÓN DE LAS CUBIERTAS.—Estas obras, que defienden á las demás, deben ser objeto de una vigilancia asídua, manteniendo limpias las canales para que en ellas no haya vegetación y especialmente las de lima hoya. Las tablas que estén deterioradas ó inútiles, se renue-

van, así como las tejas rotas, teniendo presente en éstas que cuanto más cerca del alero está la rotura, mayor será la gotera y causará no solo daño en la armadura sino también en las paredes, por las que podrá escurrirse la humedad, manchándolas cuando menos y destruyéndolas poco á poco si son de tierra ó están fabricadas con yeso.

Si la cubierta está revestida de pizarra, hay que afianzar los clavos que estén flojos, reponiendo los que falten ó se encuentren oxidados, así como las pizarras rotas.

En los revestimientos metálicos se desclavan y fijan de nuevo las planchas que tengan movimiento y se renuevan las que estén rotas, hendidas ó agrietadas ó perforadas y si se cierran con soldadura se hace esta operación con mucho cuidado para que no se rompan las planchas unidas.

Las cubiertas de vidrio se deben mantener limpias de polvo, renovando los corchetes ó grapas deterioradas y quitando la nieve inmediatamente que cae para que su peso no las destruya.

1874. Las coronaciones de los muros han de conservarse impermeables y con especialidad cuando son de tierra, porque filtrándose la humedad entre ésta y el revoque, la tierra se esponja y empuja á aquél, formando de este modo abolladuras ó abolsados que fácilmente se desprenden, además de que el tapial se reduce á polvo sin resistencia.

1875. CONSERVACIÓN EN BUEN ESTADO DE LAS OBRAS MOVIBLES.—En las obras movibles, la conservación se reduce, por regla general, á renovar las pinturas que las preservan de los agentes atmosféricos y del uso, y á la reposición ó ajuste de clavos, tornillos y demás herrajes que sirven para unir unas piezas con otras ó para reforzarlas, siendo conveniente que los clavos ó tornillos que se aflojan por desecación de la madera, se sustituyan por otros más gruesos.

Los ensambles que se aflojan por la sequedad de la madera y por el uso, se aprietan empleando cuñas además de las que existan todavía del acuñamiento primitivo, pues éstas no deben quitarse, porque estando ya secas no encogen como las nuevas.

Cuando hay que fijar los cercos que se mueven por no estar bien empotrados ó asegurados en la pared ó tabique, se emplean muchas veces las fijas *(figs. 2046* y *2047)*, las cuales se clavan en los sitios convenientes de la pared, para que introduciendo un tornillo por el ojo y penetrando en el cerco, lo aseguren.

Los vidrios ó cristales que se muevan por aflojarse los ensambles de los bastidores ó por la caída de la masilla, se deben asegurar con clavillos para evitar que se rompan con el menor choque que reciba la vidriera.

1876. MEDIOS DE ATENUAR LA HUMEDAD DE LAS PAREDES.—Algunas veces basta hacer un enlucido hidráulico para que desaparezca la humedad de una pared. Los antiguos empleaban para ello materias grasas aplicadas hirviendo, ó una capa de mezcla llamada *malthe*. Plinio explica que el malthe se hacía con cal viva apagada en vino á la que se añadía manteca de puerco y jugo de higos. Esto daba á las superficies una tenacidad y dureza mayor que la piedra. Antes de aplicar esta mezcla se raspaban las juntas y se frotaban los muros con aceite. Todavía se conserva en Italia la costumbre de frotar algunos edificios con aceite de linaza hirviendo.

Hoy se aconsejan los papeles metálicos engomados con barniz graso y los bituminosos, que se pegan ó clavan á la pared. Los enlucidos hidrófugos de base resinosa se recomiendan también; pero ninguno hasta ahora ha satisfecho completamente con el trascurso del tiempo.

En todo caso, antes de adoptar ninguno de los procedimientos que se aconsejan, es de precisión asegurarse bien de las causas que producen la humedad que debe combatirse, pues de seguir unos ú otros puede resultar un agravamiento en el mal, arrancando de todos modos el revoque ó rejuntado que estén deteriorados y dejando secar completamente la pared.

1877. Para ocultar y aún atajar el paso de la humedad al interior de las habitaciones cuando ésta procede del exterior ó sube del suelo, se puede hacer un arrimadillo de madera, de fieltro asfaltado ó de tela encerada que se clava en listones fijados verticalmente junto al paramento. Más eficaz es un tabique de panderete ó un forjado de cañas y mezcla clavado en listones. Siempre deben separarse de la pared estos revestimientos para que haya una capa de aire intermedia, la cual debe ponerse en comunicación con la atmósfera del interior del edificio, si no es posible con el exterior, lo cual es preferible, por medio de agujeros de ventilación.

Los muros que dejan pasar la humedad se pueden revestir por el exterior con teja, pizarra ó baldosa fijadas con clavos y solapándose en parte á manera de escamas, con lo que puede obtenerse

hasta una decoración si sus extremidades inferiores tienen un corte á propósito.

El revestido puede ser también de losas colocadas de canto unas sobre otras pero labradas sus juntas horizontales de manera que no pueda penetrar el agua de lluvia y separadas de la pared para que el aire circule ó impregnadas por la cara interior con un mastic bituminoso que impida el contacto del agua con el paramento.

Algunos de los revestimientos de paredes que se describieron en su lugar, puede ser eficaz en ciertos casos y especialmente los azulejos, pero si se ponen solamente en la parte inferior de las paredes tienen el inconveniente de que las aguas escurridas por el paramento superior pueden introducirse detrás del azulejo y producir el efecto contrario al que se busca. Mejor empleo tienen en el interior, ya presentando su cara barnizada á la vista, ya volviéndola hacia el muro para que sobre las asperezas del revés pueda extenderse un enlucido ú otro género de decoración.

El revestimiento con planchas de plomo, cinc ó palastro es bastante eficaz teniendo cuidado de que la humedad no pueda penetrar por la unión de unas hojas con otras.

1878. La humedad del suelo, que por la acción capilar asciende por un muro, se aisla de éste estableciendo á lo largo de él, y más bajo que los cimientos, un caño de desagüe con agujeros por la parte superior para que permita la absorción del agua y pueda conducirla hasta fuera de la construcción ó hasta un pozo. Si esto no fuera posible, se establecen dos cañerías una á cada lado del muro.

También cuando se conoce la formación del terreno y existe una capa permeable por bajo de la que produce la humedad, pero á la que ésta no puede atravesar por interponerse una impermeable, suele producir buen efecto perforar esta capa por medio de sondas hasta el terreno permeable, con objeto de que las filtraciones del terreno superior que están contenidas por la capa impermeable, atraviesen ésta por los agujeros de sonda y vayan á perderse en la inferior permeable.

La humedad aspirada del suelo se evita con estos sondeos si el terreno se presta á ello. En otro caso hay que interponer entre el suelo y la fábrica del cimiento una sustancia completamente impermeable. Se consigue esto abriendo de un lado al otro del cimiento un agujero por el que se introduce la hoja de una sierra para cortar horizontalmente el cimiento. Se mete enseguida una hoja de plomo ó de cinc embreado ó se inyecta de asfalto líquido. La unión de una hoja con otra pudiera dejar paso á la humedad y hay que inyectar, por lo tanto, en este sitio brea mineral caliente ó plomo derretido, calentando en ambos casos préviamente las juntas por medio de una corriente de aire caliente que puede ser producida por una luz de gas á imitación de los aparatos que se usan para soldar.

1879. La humedad producida por las tierras es fácil hacerla desaparecer. Se prueba primero si haciendo á la pared unos imbornales se consigue el objeto, y si no se abre una zanja á lo largo del muro, en cuyo fondo, que ha de estar más bajo que los cimientos, se establece una reguera á la cual se da salida hacia la parte más baja del terreno ó á un pozo; luego se rellena la zanja con piedra, cuidando de formar una especie de bovedilla sobre la reguera y de revocar el muro descubierto con mortero hidráulico si no lo tuviere en buen estado.

En Inglaterra abren agujeros en la pared é introducen por ellos unos tubos cónicos de 7 á 8 centímetros de diámetro exterior, para penetrar si es necesario hasta 4 ú 8 metros en la tierra. Estos tubos están provistos en todo su contorno de agujeros cónicos más estrechos por fuera que por dentro para que no se obstruyan y dejen paso á la humedad que sale por los tubos al exterior del muro.

1880. Contra las eflorescencias del salitre no se ha hallado todavía un medio eficaz, así como tampoco se conoce fijamente su formación, á pesar de los adelantos de la Química. Solo sabemos que procede de los escrementos ó de las sales y que se encuentran sin duda en algunos materiales, puesto que se desconoce muchas veces su origen.

Los remedios de picar las paredes, desecarlas por la acción del sol ó del fuego, embrearlas, enlucirlas con morteros hidráulicos, revestirlas con planchas de cinc, madera, etc., y los inventos que se suceden de continuo, producen solo un resultado transitorio, esto es, impedir que la humedad se comunique al interior del edificio haciendo infecto y malsano el aire, pero el salitre, como una verdadera caries, sigue su marcha destructora por entre los materiales impermeables que evitan la evaporación.

Se evita en algo el mal derribando la parte atacada y unos 20 centímetros más todo alrededor y bañando luego lo restante, antes de reconstruirlo,

con una brocha fuerte empapada en una mezcla en caliente de 500 gramos de aceite de linaza, 250 de brea y 64 de cera. Conviene reconstruir después la pared empleando una argamasa formada de dos partes de polvo muy fino de ladrillo, otras dos de escorias de carbón pulverizado, una de escorias de fragua y dos de cal viva: á esta mezcla en seco se le va echando agua poco á poco hasta que no despide calor, advirtiendo que fraguando con mucha prontitud debe prepararse solo la cantidad que se haya de emplear en seguida. Algunos se contentan con mezclar algo de polvo de carbón al mortero que se emplea en la reconstrucción, cuidando de que los materiales no sean salitrosos.

1881. MEDIOS DE ATAJAR LAS FILTRACIONES. — Las filtraciones se deben atacar en su origen (lo cual es bastante difícil de averiguar en muchos casos) descubriendo bien las huidas y rellenando el hueco que se haga con el mejor y más hidráulico mortero que se pueda conseguir. Si no hay más medio que atacar la filtración en su salida, ésta debe descubrirse de manera que el relleno presente con su espesor la suficiente resistencia para contrarrestar la presión que ocasiona el desnivel entre el punto donde se sospecha que existe la huida del agua y el de salida ó aparición. A ser posible, ha de producir buen resultado, después de descarnar la fábrica en la salida del agua, la construcción de una especie de tubo ó pozo desde ésta hasta un punto mucho más elevado que el del agua en la entrada de la filtración y rellenar dicho pozo con lechada hidráulica, la cual, por tener mayor presión que dicha agua, ocupará su lugar y hasta podrá producirse una corriente inversa á la filtración, en cuyo caso sería necesario rebajar el pozo ó su relleno hasta equilibrar ambas presiones con objeto de que la lechada fragüe y rellene todos los conductos de las filtraciones, evitándose éstas de una manera segura.

1882. Se puede hacer uso para el mismo objeto de una bomba *(fig. 2048)* terminada por un estrecho tubo cónico que se introduce en el orificio de salida de la filtración, rodeándolo de cemento ó yeso *rr* para que no tenga escape la lechada que se inyecta por la bomba. Para esto, la varilla *ab* del émbolo que ha de comprimir el mortero suelto con que se ha llenado el cuerpo de bomba, tiene la forma de cremallera, sobre la que se actúa por medio de la palanca *pb:* ésta tiene una uña lateral *c* que se apoya en los dientes de aquélla y hace entrar el émbolo; pero como éste á causa del choque tiende á retroceder, se le detiene con otra uña *e* que sin dificultar la entrada impide la salida del émbolo.

ARTÍCULO IV

Reparo y reforma de construcciones.

1883. El reparo de edificios es de importancia para prevenir la ruina de los mismos y exige varias clases de trabajos de que vamos á tratar, para que en cada caso se ejecuten los que sean más convenientes. Las obras de reforma que tienen por objeto variar la forma ó disposición de un edificio, son muy varias y tienen una gran analogía con las de reparación, pues que en ambas hay que mantener en pie algunas partes del edificio y apoyar en ellas las nuevas construcciones.

El sentimiento de una construcción no presenta en todas partes la misma importancia; las fachadas no tienen el apoyo que las paredes interiores se prestan mútuamente; una bóveda en su caida puede arrastrar la de sus estribos ó puede conmoverlos de modo que sea necesaria su demolición. El peligro en una pared transversal ó medianera ó en un tabique de distribución que pueden desprenderse en parte, afecta á los moradores pero no á la seguridad del edificio, así como la caida de un techo y menos de una parte de él.

1884. RECALZO DE CIMIENTOS.—Se da el nombre de *recalzo* á la obra ó reparo que se ejecuta en un cimiento ó en una pared para renovar el mortero de las juntas y reponer los materiales deteriorados, con objeto de dotar á la fábrica de la resistencia que le falta. Esta obra es sumamente delicada cuando la parte de fábrica que ha de renovarse es de consideración y hay que dejarla para ello desprovista de su apoyo primitivo y natural sobre el terreno.

1885. Ocurre muchas veces que una fábrica está en buen estado, pero á la que hay que cargar ó someter á nuevos esfuerzos, en cuyo caso hay que reconocer si los cimientos se hallan en buen estado ó asientan sobre terreno sólido. Para averiguarlo se abren zanjas de 1 á 2 metros de longitud en algunos puntos, á lo largo de los cimientos, y si de ello resulta que éstos no están en buenas condiciones, se acodala la fábrica contra las paredes de la zanja, como se indica en *A (fig. 2049)*. Los vanos inmediatos

se acodalan también y luego se procede al recalzo del cimiento, quitando la parte deteriorada y sustituyéndola con otra nueva bien construida, trabada y acuñada contra la antigua.

Si el terreno no es sólido, se excava un trozo *abdc, a'b'* por bajo del cimiento hasta encontrar suelo firme en *bd*, en cuyo caso se hace el recalzo ó nuevo cimiento con fábrica bien trabajada y acuñada fuertemente por arriba contra la base del cimiento antiguo, para que éste descanse en el nuevo. A los lados se le dejan adarajas para trabar la continuación del recalzo y se sigue luego cavando otro trozo de zanja y debajo del cimiento en la parte *cdeh*, que se recalza del mismo modo. Las hiladas últimas deben trabajarse lo más á hueso que se pueda, para que su asiento sea el menor posible, y las cuñas que se pongan contra la fábrica antigua para que ésta descanse sobre la nueva han de introducirse á martillazos y con abundancia de mortero, á fin de que no quede ningún hueco. Los puntales ó apeos que hayan servido para hacer estas obras, no deben quitarse hasta que la fábrica nueva no esté bien consolidada.

1886. Cuando no se da con terreno resistente, se ensancha la base ó se procede por los medios expuestos para los diferentes casos que puedan ocurrir en la cimentación.

Demanet cita ejemplos de recalzos hechos con capas de arena de $0^{m}65$ á $1^{m}75$ de espesor y de una extensa base para sustituir pilotajes y emparrillados podridos, dando muy buenos resultados. La arena silícea y húmeda se apisonó y sobre ella se sentaron hiladas de ladrillo en una altura de 25 centímetros, los cuales se introducían á la fuerza por debajo de la antigua fundación.

1887. En lugar de hacer el recalzo seguido, es preferible algunas veces establecer á trechos recalzos aislados, como machones ó contrafuertes, que sostengan el muro en los puntos de más carga y rellenar después los intervalos trabando bien con los machones.

Cuando el cimiento tiene mucha anchura y no se puede ó no es prudente hacerlo de una vez en todo su grueso, se ejecuta primeramente el recalzo por un lado y se le introducen en el terreno buenas losas de tizón para que cuando se complete el cimiento por el otro lado, se forme entre las dos partes una sola bien trabada.

1888. En obras hidráulicas socavadas por su base es muy difícil hacer los recalzos. Hay que recurrir para ello á mezclas enérgicas y tomar precauciones extraordinarias. El ingeniero francés Berigny ha rellenado socavaciones provenientes de filtraciones por medio de la inyección de morteros y aún hormigones hidráulicos, hecha con una bomba impelente adaptada á agujeros practicados en la fábrica. La válvula se sustituye por un tapón que cierra un agujero hecho en la parte inferior del cuerpo de bomba y que se quita cuando hay que elevar el émbolo para que entrando por debajo de éste el aire, no retroceda la mezcla con la aspiración de dicho émbolo. Primeramente hay que extraer el fango de la socavación y cerrar toda abertura inferior al punto de ataque, que pudiera dejar salir á la inyección, por medio de recalzos parciales, encofrados ú otros medios. Los agujeros superiores sirven para que por ellos salga el aire de la cavidad ó socavación cuando se inyecta la mezcla.

1889. El muro por lo general no puede abandonarse, limitándose únicamente las precauciones al acodalamiento de los vanos que se ha indicado anteriormente y es preciso apearlo préviamente con puntales *P, P'*, los cuales se disponen también por ambos lados de la pared ó sea por sus dos paramentos, como se ve en la *fig. 2050.* En ciertas ocasiones, el estado de la pared no consiente los golpes que han de darse para apretar los puntales porque podrían producir en ella sacudidas peligrosas y aún su caída, y se acude al empleo de palancas ó de crícs para este objeto, observando en todos casos con mucha atención la pared para ver el efecto que produce el trabajo y poderlo suspender en el momento que haya algún indicio de peligro.

Cuando no basta una serie de puntales se establecen dos como se indican de puntos en la figura, enlazando unos con otros por medio de cepos ó manguetas *mm*. Las circunstancias especiales de cada caso son las que aconsejan la disposición de estos apeos para contrarrestar los empujes hacia fuera que la construcción origina.

Si al practicar un apeo se teme un movimiento lateral en los puntales, hay que evitarlo disponiendo otros *D, D (fig. 2051)*, que se ensamblan en los anteriores *P, P'* asegurando la unión por medio de pernos *pp* y apoyándolos por su pie en las traviesas *tt* donde descansan ó asientan los tablones *S*.

Cuando la pared que se ha de apear se encuentra en mal estado, se establecen á modo de tapiales otros tablones por el paramento opuesto al del

puntal, uniéndose los de un lado con los de otro por medio de pernos que atraviesan el espesor del muro. Las cabezas de los puntales se ensamblan entonces en los tablones apretándolos contra la ensambladura por medio de las cuñas colocadas en el pie de dichos puntales.

1890. RECALZO DE PAREDES.—Se hace éste de una manera análoga á la explicada para los cimientos, apuntalando préviamente. Si el recalzo se reduce á la renovación de los materiales deteriorados, se puede hacer muchas veces sin precaución alguna. Se quitan por partes los materiales que están en mal estado y se sustituyen por otros de buena calidad procurando establecer trabas en todos sentidos entre la fábrica nueva y la vieja y acuñando fuertemente por arriba contra lo viejo, cuando esto ha de descansar sobre lo nuevo. Ejecutado el recalzo de una parte puede demolerse la contigua para reedificarla de nuevo, quedando siempre sostenida la pared por la parte existente, aunque en mal estado y por el recalzo acabado de hacer.

Estos recalzos son algunas veces de tal importancia que exigen el enlace de los puntales de un lado de la pared con los del otro por medio de unas piezas horizontales *aa (fig. 2052)* llamadas *asnillas*, las cuales atraviesan perpendicularmente la fábrica y son sostenidas por los puntales, los cuales en este caso deben colocarse lo más verticalmente que se pueda.

Cuando es posible, se consolida el apuntalamiento estableciendo codales desde la pared, que se recalza hasta otras situadas enfrente, ó empleando tirantes de hierro que sujeten dicha pared á otras interiores.

En todos casos, se deben acodalar los huecos de puertas y ventanas que estén inmediatos al recalzo para que toda la pared resulte unida y pueda considerarse como una viga horizontalmente colocada y apoyada en los puntos que no están destruidos durante el recalzo.

1891. REPARACIÓN DE PAREDES CUARTEADAS.—El procedimiento que se adopte depende de la causa que origina las hiendas ó grietas, de modo que antes de proceder á cerrar ó tapar una grieta se debe prevenir ó hacer desaparecer la causa que la produce.

Las grietas verticales que se presentan en un muro pueden taparse simplemente si son resultado del asiento de una obra nueva junto á otra antigua; mas si proceden de defectos en la cimentación, habrá que recalzar ésta apuntalando la obra resentida, ó tendrá que demolerse ésta: las grietas horizontales, debidas á una diferencia de asiento, bastará con acuñarlas bien rellenándolas de buen mortero, y si las grietas se presentan en todos sentidos no habrá más remedio que demoler la pared y rehacerla. En los tabiques de distribución, como el sentimiento tiene poca importancia, podrán taparse las grietas en algunos casos aunque por lo general convendrá demolerlos para levantarlos nuevamente trabándolos bien con las paredes.

La grieta se franquea ó descubre bien quitando todo lo que esté conmovido, se limpia de polvo y se lava inyectando agua con fuerza, para lo que puede emplearse una jeringa ó la bomba de la *figura 2048*, explicada anteriormente. Si la hienda es de poca consideración bastará inyectar mortero de buena calidad, el cual acostumbra ser de cemento. Antes de hacer esta operación se tapa la grieta en la superficie de la pared para que no se salga el mortero, dejando algunos orificios á diferentes alturas, los cuales sirven algunas veces para inyectar la mezcla y que salga el aire, empezando la inyección por el más bajo.

Cuando conviene ligar las dos fábricas desunidas por una grieta, se descubre ésta por ambos lados quitando ó deshaciendo la fábrica de manera que presente adarajas á fin de establecer la trabazón necesaria por medio de buenas losas introducidas dentro de la pared y unir los paramentos con materiales de la misma naturaleza que el resto, aunque eligiéndolos de los más resistentes y de mayores dimensiones. En esta obra se emplean morteros de cemento que con su pronto fraguado proporcionan buena ligazón entre la parte nueva y la vieja.

1892. Para reponer en su primitivo estado una pared agrietada ó que tiende á agrietarse á la altura de los tercios de una bóveda que la empuja, es preciso ante todo entibar ésta para que no produzca empuje en la pared agrietada; después se hace el apuntalamiento de ésta de modo que los puntales *(fig. 2053)* la apeen un poco más arriba de la grieta ó del punto donde parezca inminente la rotura, conseguido lo cual se podrán descubrir ó franquear las grietas y cerrarlas como ya se ha indicado. Si la causa de la grieta está en el empuje de la bóveda habrá que evitar éste ó contrarrestarlo como se dirá luego.

1893. PAREDES BARRIGUDAS.—Los mu-

ros que hacen una comba ó barriga en sus paramentos tienen desunidos estos por lo regular, es decir, que hay en su interior una grieta que ha desligado los dos frentes de la pared y ha quitado á ésta mucha parte de su resistencia. En este caso, es necesario apear la pared por encima de la parte barriguda y derribar todo lo resentido procediendo inmediatamente á la reconstrucción, cuidando antes de limpiar y mojar bien la parte de fábrica vieja en su unión con la nueva y de establecer entre ellas sólidas trabazones. Para esto se emplean perpiaños de buena piedra que á ser posible tengan más anchura por la parte empotrada en la fábrica vieja que en la nueva, á fin de que no puedan salirse y aten y sujeten una á otra, evitando que se renueve la desunión á la cual hay una tendencia constante por el asiento que se produce en la obra nueva mientras la antigua permanece inmóvil. Se pueden hacer también en la parte sana de los muros unas ranuras verticales en forma de cola de milano, teniendo la parte ancha por el interior donde se empotra la fábrica nueva, quedando así trabadas ambas fábricas, aunque por consecuencia del asiento vuelvan á desunirse. Del mismo modo que en los recalzos, deben acuñarse bien á hueso las uniones de los sobrelechos de la nueva fábrica con la superior que está sana para que el asiento sea el menor posible, y por lo tanto el posterior agrietamiento.

Para evitar que en lo sucesivo vuelva la desunión, se adoptan otros procedimientos ó medios. Uno de ellos es el empleo de grapas de hierro que se introducen por un extremo en agujeros practicados en la fábrica antigua y que por el otro tienen unas garras para abarcar una ó dos piedras de la nueva obra. El extremo que entra en la fábrica vieja puede ser abierto como la barra de la *figura 230* ó tener la forma retorcida de la cola de un ratón, cuyo extremo se introduce á percusión en las juntas de la fábrica buena, empotrándose en ambos casos en taladros ó barrenos que se rellenan después con cemento. Las grapas suelen otras veces colocarse entre los lechos y sobrelechos presentando dos uñas en el nuevo paramento, las cuales retienen las dos hiladas (superior é inferior), pudiendo quedar aparentes y resaltadas ó empotradas y ocultas con mastic ó cemento. Estas grapas se disponen por filas separadas de 1 á 2 metros y se distribuyen al tresbolillo.

Otro medio muy eficaz consiste en establecer fajas ó hiladas de piedra á 1,50 ó 2 metros unas de otras, las cuales se enlazan con la fábrica sana, practicando pequeños taladros horizontales que enrasen con el sobrelecho de la faja, en los cuales se introducen barras de hierro abiertas por un extremo, como en la *fig. 230*, y que por el otro presentan uñas para engraparse en la faja, ó tienen la forma de cola de milano, para alojarse en cajas de esta forma practicadas en el sobrelecho de la faja, rellenando después con cemento lo mismo esta parte que la del taladro.

En ciertos casos, cuando la barriga ó pandeo de una pared esté localizada de modo que por los lados y por encima se encuentre buena la fábrica, se apeará ésta y se desmontará la barriga para rehacer esta parte y si esto ofrece dificultades, podrá construirse un arco que reciba la parte de pared superior no resentida, de la manera que se explicará al tratar de la reforma de paredes.

1894. PAREDES DESPLOMADAS.—El sistema más seguro y más generalmente seguido, es el de dejarlas intactas y construir contrafuertes como los de la *fig. 282*, cuidando de que descansen en terreno ó base sólida y de establecer trabazones con perpiaños para unir bien su fábrica con la de la pared desplomada. Sin embargo, pueden recobrar las paredes en algunos casos su aplomo, siempre que haya puntos de apoyo resistentes por un lado del muro y que éste no tenga gran espesor. Precisa además que la fábrica no esté desunida, para que la pared forme un sólido compacto.

Cuando es de pequeñas dimensiones la pared desplomada, basta para obligarla á tomar su posición vertical que se obre sobre ella con crics ó gatos, ó empleando tornillos movidos por palancas, cuyos útiles, situados convenientemente, han de apoyarse en el suelo ó en otra pared de mayor resistencia que la desplomada. Si el suelo no es resistente, se establece una plataforma fuerte de madera para que no ceda hundiéndose. En la pared conviene colocar tablones donde actúe directamente la uña del cric ó del tornillo. Debe tenerse cuidado de no sobrepasar el efecto que se desea conseguir, pues pudiera suceder que el muro se volcara del lado opuesto al que amenaza caer.

En el caso de encontrarse el muro desplomado frente á otro suficientemente sólido, se revisten ambos de tablones *(fig. 2054)* y entre ellos se establecen varios codales *C, C,* ligeramente inclinados, á los que se obliga con palancas, crics ú otros medios á aproximarse á la situación horizontal, empu-

jando de este modo á la pared desplomada *B* para que recobre su posición vertical. Si la pared opuesta *A* no presenta la suficiente resistencia, se le ponen puntales *P*. Los esfuerzos que se hagan han de ser regulares y simultáneos en todos los codales, sin producir sacudidas y cuidando de que no se salgan de su sitio. Generalmente sirve este medio para poner derechas las paredes de edificios. Cuando se trata de grandes muros, puede establecerse un rodillo *r, r′r′* *(fig. 2055)* á la extremidad de dos codales *C, C′, C′* apoyados en el suelo como los puntales, cuyo rodillo armado de puntas de hierro se hace girar por medio de las palancas *P, P′*, clavándose las puntas en los tablones *tt, t′t′* y enderezándolos.

1895. Otro procedimiento, que puede adoptarse en algunos casos, consiste en establecer fuertes barras de hierro *T (fig. 2056)*, cuyos extremos terminan en roscas de gran potencia, para atirantarlas por medio de tuercas que se aprietan contra placas ó cruces de hierro *aa, cc*, que abracen alguna extensión de paramento. Caldeado después el tirante *T* por medio de braseros dispuestos en su parte central, el hierro se alarga, como se sabe, y pueden por lo tanto darse algunas vueltas á las tuercas apretándolas más contra las placas ó cruces; y como al enfriarse el hierro se contrae y vuelve á tener la primitiva longitud, los muros se acercan á su posición vertical en una cantidad igual á la que se han dilatado los tirantes. Repetida esta operación cuantas veces sea necesario, se consigue devolver la verticalidad á las paredes. La que está á plomo *A* debe apuntalarse como indica la figura, para que no tenga movimiento alguno y esta misma precaución debe tomarse con la desplomada, según va acercándose á la verticalidad, para que en caso de rotura de algún tirante no sufra un movimiento contrario al atirantado y caiga con estrépito, produciendo desastres. Para prevenirlos deben tener los tirantes mucha más resistencia de la necesaria para el esfuerzo que han de experimentar. También por este procedimiento han de ser simultáneas las operaciones, para que se produzca de una manera regular el enderezamiento.

1896. En todos casos, según va enderezándose la pared, se acuñan las aberturas ó grietas que se producen, y cuando aquélla está ya á plomo se completa el acuñamiento con lajas de piedra dura y se inyecta con fuerza mortero de cemento, según se indicó para las filtraciones (1878), con objeto de que penetre en todo el espesor. Además, cualquiera que sea el medio que se adopte para evitar la ruina de una pared desplomada, debe ejecucutarse con grande esmero y precauciones, siendo una de las principales sujetar la construcción vieja con una armazón de madera que impida toda desunión durante los trabajos.

1897. RESTAURACIÓN Ó RECALZO DE PILARES.—Ocurre algunas veces tener que reedificar un pilar ó machón por hallarse deteriorado ó quererle dar otra decoración, y en este caso hay que apear la carga que sobre él gravita de manera que pueda demolerse con la seguridad de que le sustituye sin peligro la armazón de madera mientras se reedifica.

Si sobre los machones apoyan arcos, se apean estos con cimbras y se apuntalan los arranques pudiendo renovarse entonces la fábrica resentida. En caso de ser bóvedas en vez de arcos, se procede á quitar por partes la hilada de arranques poniéndo puntales según se va quedando al aire hasta que toda ella se encuentre apeada, pudiendo entonces hacerse la demolición hasta los cimientos y aun la de estos mismos. Al llegar con la reconstrucción á la expresada hilada, se van quitando puntales y sustituyéndolos con la nueva fábrica con las precauciones indicadas para los recalzos, no dejando al aire más que lo correspondiente á un puntal.

La misma fuerza de expansión que tiene el yeso cuando se le moja puede emplearse con ventaja, como sucedió en París para la renovación de los machones que sostenían la cúpula del Panteón. Para ello se emplearon varias capas de yeso colocadas debajo y que mojadas aumentaron de volumen suspendiendo la cúpula, con lo que pudieron reedificarse los machones que la sostenían.

1898. Cuando lo que hay que reconstruir es solamente los cimientos ó la parte inferior del machón, además de apear los arcos se envuelve el machón con tablones ó piezas de madera que se adapten á la forma de aquél como lo indican las *figuras 2057* y *2058*, mediante cuya armazón se acodala por todos lados fuertemente *(fig. 2059)* para que pueda sostenerse con el rozamiento, cuya acción se aumenta disponiendo corchetes ó grapas *gp (fig. 2060)*, las cuales se fijan con pernos *P* en la madera y entran por la uña *a* en las juntas de las piedras sosteniendo las superiores. Con este acodalamiento se pueden ya arrancar los materiales deteriorados de la parte inferior del machón ó la

parte que debe reconstruirse, haciéndose esta operación con el esmero y precauciones que los recalzos.

Tratándose de renovar los sillares inferiores de un pilar ó columna, como aparece en la *fig. 2061*, la operación es más delicada. Si se han de sustituir por otros buenos los sillares deteriorados *os*, se apea la construcción por arriba con los puntales *aa*, *bb* y la parte superior de la columna con los *P*, *P*, *P*, valiéndose para esto último de cinchos *cc* que se oprimen fuertemente contra la columna y del cuadro inferior de madera *ee*. Se enlaza además la columna con las inmediatas por medio de piezas encepadas *dd* que las encuadran y en las que se fijan cuatro grapas *rs*, para recibir en sus uñas inferiores el sillar más bajo de los que no se renuevan. Los cinchos se hacen de cuatro sectores *(fig. 2062)* que al unirse se ciñen á la columna, en la que además se fijan por medio de los tornillos *T*, *T*.

1899. REPARACIÓN DE ARCOS Ó BÓVEDAS.—Las hiendas procedentes del asiento ó descenso de una bóveda ó arco y que tienen poca anchura, se tapan por el intradós y por los frentes con buena mezcla dejando algunos agujeros para inyectar por ellos mortero de cemento con el auxilio de una bomba ó jeringa.

En caso de tener las grietas mucha anchura, se acuñan todo lo posible con lajas de piedra y se rellena después el espacio restante del modo acabado de explicar.

1900. Las dovelas que se hallan deterioradas sin afectar grandemente á la resistencia de una bóveda ó arco, se reparan fácilmente por el intradós como si fuera un recalzo, procurando que la caja que se abra tenga más anchura en el fondo que en la boca.

Si las dovelas están muy deterioradas pero aisladas y son poco numerosas, se desmonta el relleno ó trasdoseado para descubrirlas y se hace la sustitución por otras nuevas que se labran con las dimensiones convenientes al lugar que deben ocupar: en caso de que fueran muchas las dovelas deterioradas será preciso apear ó sostener la bóveda con puntales durante el tiempo que se invierta en la reparación ó se establecerán cimbras que por lo regular se forman únicamente de cerchas dispuestas en los puntos más convenientes, pues la poca presión que han de resistir á causa de estar ya cerrada la bóveda ó arco, excusa el entablonado y aun algunas piezas importantes.

1901. Para los casos en que no puede hacerse la reparación de la bóveda por su trasdós, se tienen que adoptar procedimientos especiales.

Abierta la caja ó extraída una dovela se puede introducir en el hueco un sillar con lechos paralelos, haciéndole descansar sobre la dovela inferior después de extendida una capa de buena mezcla é inyectar después mortero de cemento en el hueco que queda encima del sillar, á cuyo fin se practican en el sobrelecho de éste algunas canalitas que salgan al intradós. La adherencia del mortero á la fábrica puede aumentarse labrando estrías en el sobrelecho del sillar y sustituirse de esta manera la dovela destruida, con ventaja algunas veces sobre las existentes.

En un puente de Londres construido de piedra blanda, se ha empleado el siguiente procedimiento que puede aplicarse en muchos casos. Para reemplazar cada una de las dovelas destruidas se empezó por rebajar el hueco hasta una profundidad variable entre 30 y 60 centímetros y después de igualar bien las paredes de esta caja representada en la *fig. 2063*, se colocaron en ella dos trozos nuevos *A*, *A'* y *B*, *B'*; el primero, de mayor dimensión, tenía la forma de cuña y se sentó con mortero en la parte inferior del hueco del mismo modo que las dovelas: en su sobrelecho se abrieron dos ó más cajas circulares que se correspondían con otras tantas practicadas en el lecho del trozo más pequeño *B*, teniendo las primeras la mitad de profundidad que las de éste, y ambas unos taladros *aa*, *cc* de unos 15 milímetros de diámetro que iban desde el fondo á los chaflanes que forman el almohadillado de la bóveda. El trozo *B*, también de figura de cuña, se colocaba con la cabeza ancha hacia fuera y tenía en las cajas dichas unas falsas espigas ó llaves de piedra dura de 125 milímetros de longitud, 75 de diámetro en el centro y 60 en los extremos, las cuales se sostenían dentro sin sobresalir del lecho por medio de un cordel metido en el taladro *cc* y de otro en el *aa*. Cuando á fuerza de mazo se había introducido el trozo *B* en su hueco se tiraba de la cuerda *aa* para hacer que la mitad de la llave ocupase la caja del trozo *A* haciendo de traba, según se ve en *D*, *D'* y se vertía mortero de cemento por los taladros *cc* hasta rellenar bien los huecos tapando antes el taladro *aa*. Éste se puede suprimir empujando la llave ó falsa espiga por medio de una varilla metida por el taladro *cc*.

1902. REPARACIÓN DE DAÑOS POR

EMPUJE DE BÓVEDAS.—Si los estribos ceden, se les podrá obligar á volver á su posición como paredes desplomadas, y para evitar que vuelvan á ceder se refuerzan (851) ó se cargan levantando paredes sobre ellos (852), y si esto no es factible se establecen tirantes de hierro sobre la clave como el *ab* de la *fig. 582*, aunque más eficaz es disponerlos de uno á otro arranque, según se representa en la *figura 2064*, poniéndolos tensos en los dos casos por medio de las cuñas indicadas en las *figs. 583* y *584* ó con los ajustadores ó manijas *(figs. 99 á 102)* y también aprovechando la propiedad de dilatarse el hierro con el calor, según se ha explicado, para poner á plomo las paredes que han perdido su verticalidad.

1903. Las bóvedas en rincón de claustro, las vaídas y las cúpulas resentidas que presentan grietas verticales, se consolidan con cinchos de hierro forjado colocados horizontalmente por el trasdós á la altura de los puntos de rotura (854). Si la bóveda es de reducidas dimensiones se caldea este cincho y se sujeta antes de enfriarse para que quede apretado contra la fábrica, y si esto no es posible por las grandes dimensiones de la bóveda, se verifica el ajuste introduciendo á trechos unas cuñas de hierro entre el cincho y la fábrica para que quede aquél tirante y se rellenan después con buen mortero los espacios intermedios entre las cuñas. Cuando hay necesidad de establecer dos ó más cinchos á distintas alturas, se enlazan unos con otros por medio de barras verticales ó formando cruces de San Andrés.

1904. En todos los casos en que ceden los apoyos de una bóveda se pueden combinar los medios indicados anteriormente, con algún aligeramiento en las cargas que actúan sobre dicha bóveda, el cual podrá ser bastante en algunos casos.

1905. REPARACIÓN DE OBRAS DE MADERA Y HIERRO.—Los entramados, tanto horizontales como verticales, son de fácil reparo cuando el deterioro es de poca consideración: las circunstancias especiales de cada caso dan idea de los medios que pueden adoptarse para remediarlos, renovando las piezas que estén alteradas. Sirven para este objeto los embrochalados y el empleo de barras de hierro convenientemente dispuestas.

Si los entramados son de hierro, la reparación es casi siempre más fácil porque el material se presta mejor á ser reforzado y los ensamblajes ó uniones no le quitan resistencia.

1906. Cuando la entrega ó parte empotrada de una pieza de madera en una fábrica se llega á pudrir y no es fácil ó conveniente sustituirla con otra, puede reforzársela apeándola con jabalcones *P (figura 2065)*. Si las entregas deterioradas son varias pueden establecerse unas hiladas salientes de ladrillo ú otro material análogo que presente la forma de una cornisa, según aparece en *B* ó arrimando á la pared una carrera *C* sostenida á trechos por ménsulas de piedra *M* ó por los medios indicados al tratar de los suelos (883). También pueden reforzarse los maderos con hierros de canal ⊔, en la que puedan alojarse, enlazándola además á la parte sana de la madera por medio de fuertes tornillos.

Tratándose de una viga, se alargan ó refuerzan las cabezas ó entregas deterioradas ó podridas, empleando armaduras de hierro *(fig. 2066)*, compuestas de dos bastidores verticales de hierro fundido *dcba* que tienen un pie ó talón en *d, d'd'*, para descansar sobre la carrera ó muro y en los ángulos *c, b, a*, unas orejas agujereadas con objeto de enlazar los bastidores de ambos lados, por medio de fuertes pasadores *ps*, que con la cabeza *s* por un extremo y la chaveta introducida en el agujero del otro *p*, sujeten los bastidores contra los costados del tirante. Estos pasadores se alojarán ó encajarán entre los rebordes de unas placas de fundición *(figura 2067)*, que opriman el tirante por medio de cuñas de encina muy dura, metidas á martillazos, formando de este modo un apoyo sólido á las vigas.

Se ha propuesto también dar á estas armaduras la forma de la *fig. 2068*, pero no es tan eficaz como la anterior por tener menos asiento sobre el muro.

1907. La *fig. 2069* presenta la modificación que exige la armadura, cuando lo que haya que reforzar es la ensambladura del par *P, P'* con el tirante *T, T'*, los cuales están además unidos por el virotillo *V*. El tirante descansa sobre una ancha placa de hierro y los pasadores son pernos de cabeza y tuerca, acuñándose del mismo modo que en el caso anterior el espacio entre las placas y ellos, por medio de cuñas de encina dura *aa, bb* metidas á golpe. Los bordes *cc* tienen unas pestañas á manera de grapas para introducirse en los pares.

1908. En caso de ocurrir una rotura en una pieza horizontal por su medio, se aconseja el empleo de armaduras como las de la *fig. 2070* ó el refuerzo con otra pieza acoplada *dd (fig. 2071)*,

pero enlazadas entre sí con llaves *v,v*, que entren por mitad en cada una de las dos piezas y sujetándose la unión con abrazaderas de hierro *aa*.

1909. Si las vigas ó maderos de suelo no están rotos sino pandeados por el peso que carga sobre ellos, pueden levantarse por el medio hasta que estén horizontales y sujetar luego sus cabezas por su cara superior con trabas de hierro como la *tb* de la *fig. 660*, que se empotran en el muro; cuyo medio, sino devuelve á la madera su posición primitiva, le quita mucho pandeo y previene el aumento que éste habría de tener en lo sucesivo, dando á la madera mayor resistencia. Algunas veces será conveniente ó fácil arrimar contra algunos maderos unas viguetas de hierro I que se sujeten á ellos con pernos, como en la *fig. 2072*.

El medio más eficaz de corregir el pandeo de los suelos y cubiertas hechas solo de cabrios tendidos de pared á pared, consiste en atravesar debajo una viga maestra llamada también *madre*, obligando con ella á los maderos á tomar su primitiva posición. Á este fin se abren en las paredes las cajas donde han de empotrarse los extremos de la viga, y presentada ésta en su sitio se levanta con palancas, puntales ú otros medios para obligar á los maderos ó cabrios á tomar su primitiva posición, en cuyo caso no hay más que hacer un asiento firme á las cabezas de la viga que con este alzamiento habían quedado al aire.

1910. En el caso de que haya que cargar un tabique sobre un suelo no muy resistente, se introduce en la entrecalle correspondiente una vigueta de hierro I, ó se le arriman dos, una por cada lado, al madero que ha de recibir el tabique, como representa la *fig. 2073*, sujetándolos con pernos y obligando al madero á alojarse entre las alas. Se pueden reforzar también con armaduras de hierro como las representadas en las *figs. 604* y *606*.

Si la pieza de madera rota estuviese sometida á esfuerzos de tracción ó tensión, se le acoplan otras dos suplementarias *cc*, *bb* (*fig. 2074*) que cojan en medio la rotura y que se fijan en las dos partes de la pieza deteriorada por medio de pernos que atraviesan las tres, ó mejor, como indica la figura, con llaves *v, v* que las enlazan y de abrazaderas *aa* que las sujetan. Pueden también unirse las dos partes por medio de cuatro planchas ó barras de hierro que se fijan con pernos dos á dos en las caras opuestas de la pieza que ha de reforzarse.

1911. REFORMA DE PAREDES.—Se sujeta á las mismas reglas que cuando se construyen de nuevo pero adoptando los medios convenientes para sostener provisionalmente ó apear lo que ha de quedar al aire mientras se hace la reconstrucción.

Para dejar al aire una pared se voltea un arco como el *aa'ca'a* vaciando la pared por trozos y rellenando á seguida el hueco con la parte de arco correspondiente, sirviendo la misma pared de cimbra. Así se abrirán las secciones *A*, *A* y se harán los arranques de los arcos, luego se practican los huecos *B*, *B* y se rellenan, siguiendo después con los *C*, *C*, hasta terminar con la clave, en cuyo caso se podrá hacer el rompimiento de la pared comprendida por el nuevo arco *aca*.

Estos arcos se construyen muchas veces á fin de aligerar una pared que es débil para resistir la carga que sostiene ó la que se le quiere aumentar. En este caso, el arco transmite los esfuerzos á otros puntos sólidos y resistentes y sobre él puede descansar con seguridad la fábrica superior y los pisos si los hay.

1912. Cuando en lugar de arco haya de ponerse una viga, es necesario apear la pared por encima del sitio que aquélla debe ocupar, empleando para ello los puntales y asnillas que se representan en la *fig. 2052*, con lo que se podrá vaciar la parte necesaria para alojar la viga, la cual se acuñará bien con la fábrica superior antes de quitar el apeo. Si en los dos lados de la pared apoyan dos maderos de suelo, estos pueden sustituir á las asnillas apuntalándolos como indica la *fig. 2040*.

Se facilita mucho la operación si en lugar de una viga se disponen dos, una por cada lado, y más si éstas son de hierro, en cuyo caso se puede aligerar mucho el apuntalamieto, especialmente cuando el envigado de pisos apoya en la pared puesto que puede aprovecharse para entibación en lugar de las asnillas. Hecho el apeo se procede á practicar en uno de los paramentos de la pared la caja necesaria para alojar una de las vigas de modo que enrase con él y que descansen en ella los maderos de suelo de este lado. Se hace la misma operación por el otro, y cuando ya están colocadas las dos vigas se enlazan con pernos si no hay que colocar otra intermedia de madera ó hierro, pudiéndose ya entonces hacer el rompimiento de la pared para dejar el hueco que se desea.

1913. El ensanche de un vano como el de la *fig. 2076* es también fácil de ejecutar cuando el arco que lo cubre es de ladrillo. Basta apear el ar-

co existente *D* con la tabla *aa* que lo abarque y con los dos puntales *P*, *P* y abrir los huecos laterales *A*, *A* donde están los salmeres para prolongar el arco por ambos lados, según se indica de puntos, lo cual verificado podrán destruirse las jambas *J*, *J*, ensanchando el vano.

1914. Cuando se trata de cerrar unos huecos como los marcados con línea continua en la parte inferior de la *fig. 2077* y hay que abrir los indicados por líneas de puntos, ante todo se rellena de fábrica el hueco *H* que se ha de condenar trabándola con la existente y acuñándola bien por arriba; y cuando ya tiene alguna consistencia se acodala el vano superior *A* y se entiba la parte de suelo que carga inmediatamente sobre el hueco *B* que ha de abrirse, con cuyas precauciones podrá procederse á voltear el arco *aa* abriendo antes el hueco necesario. Si la consistencia de la fábrica de que está construida la pared no ofrece confianza, se abre dicho hueco por partes, como se ha dicho antes, practicando las cajas *a*, *a* en forma de dovelas para rellenarlas con la parte correspondiente de arco ó introducir una dovela si ha de ser de sillería, teniendo cuidado en ambos casos de acuñar bien por arriba y por abajo con la fábrica antigua para que sirvan de apoyo mientras se cierra el arco; del mismo modo se abrirán y rellenarán las cajas *c*, *c* hasta terminar con la clave *v*, en cuyo caso habrá que esperar á que fragüe el mortero antes de romper enteramente todo el hueco *B*. Si las jambas de éste han de ser de distinto material que la fábrica de que estaba formada la pared, se abren para ellas los huecos correspondientes y se construyen lo mismo que los salmeres, antes de hacer el arco, para que éste tenga desde luego su apoyo definitivo. Análogamente se procederá cuando se trate de variar los huecos *C* y *D*.

1915. Cuando se necesita convertir dos huecos en uno *(fig. 2078)* haciendo desaparecer el machón *M* que los separa y que sostiene la fábrica superior *E*, hay que colocar una viga *vv*, *v'*, que la reciba, así como á los maderos de suelo. Para ello se empieza por acodalar los vanos superiores *B*, *B*, y entibar el suelo *S* con puntales *P* y tablones, como se ha explicado ya. Se abren después á través de la fachada varios agujeros donde colocar fuertes asnillas de madera *a*, *a'a'* ó vigas de hierro en situación horizontal y perpendicular á la pared, las cuales se apoyan por cada uno de sus extremos en dos puntales ó piernas *A*, *A*, *A'*, *A'* que estriban por su pie en soleras, formando así unos fuertes caballetes capaces de sostener provisionalmente la fachada que carga sobre la entrada ó portal que se quiere ensanchar. Hecho este apeo puede demolerse la fábrica de la pared entre unas asnillas y otras y colocar la viga *vv*, *v'* acuñando bien sus extremos ó entregas. En ciertos casos no será bastante una asnilla para sostener la fábrica superior *E*, y se establecerán dos de la manera que se indica en la *figura 2079*. Si la viga se forma de dos, se procede á colocar primero la de un lado y después la de otro haciéndoles el hueco necesario, como se ha dicho antes. En todo caso, la viga recibirá los maderos de suelo, si los hay, rellenándose después de fábrica los huecos que resulten entre ella y la fábrica superior, del modo que se ha explicado para los recalzos. Conviene, si es posible, dar á este relleno la forma de arco para que transmita parte del peso á los costados del vano.

El apuntalamiento se podrá desmontar á seguida pero con cuidado, aflojando primero las cuñas poco á poco con objeto de que si se notase algún movimiento peligroso en la fábrica superior al vano poder reponer inmediatamente la entibación y tomar las precauciones necesarias según las circunstancias.

Si se teme algún movimiento de costado en la pared ó en el apuntalamiento, se enlazan los pies de los caballetes de un lado con los de otro por medio de cruces de San Andrés, como están indicadas de puntos en la sección transversal de la figura, procurando que los cuatro pies de cada caballete sean iguales para que tengan igual rigidez y resistan del mismo modo.

FIN

ÍNDICE